

Universidad Católica de Santa María

“IN SCIENTIA ET FIDE ERIT FORTITUDO NOSTRA”

Escuela de Postgrado

Maestría en Salud Pública



“Influencia de la contaminación del aire (plomo) en el suero sanguíneo de las personas que laboran en el C.E.P. Sagrados Corazones, Arequipa 2000”

Borrador de Tesis presentado por el Bachiller:

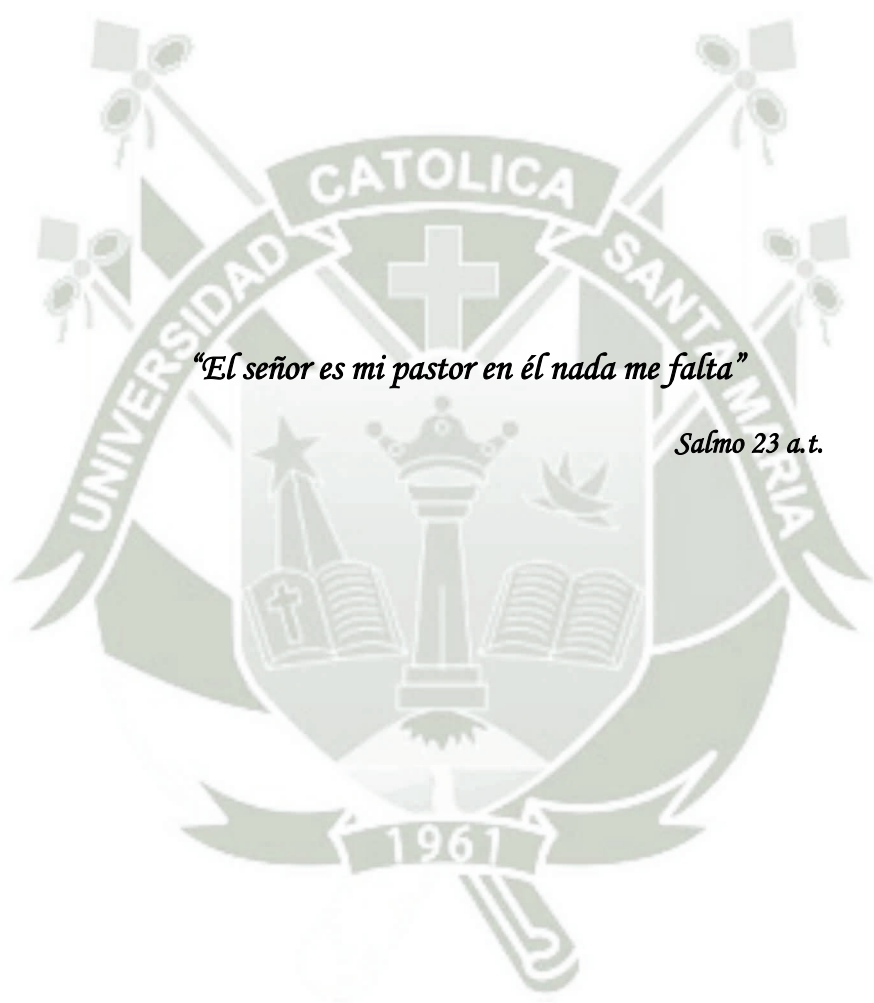
JORGE LUIS GÓMEZ PONCE

Para Optar el Grado de:

MAGÍSTER EN SALUD PÚBLICA

Arequipa - Perú

2010



“El señor es mi pastor en él nada me falta”

Salmo 23 a.t.

Agradecimiento:

A la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Arequipa, específicamente al Ing. Percy Madariaga; responsable del Área de Ecología del Medio Ambiente y Salud Ocupacional por la gestión y ejecución del muestreo de aire (PTS).

A la Dirección General de Salud Ambiental –DIGESA, por el Análisis Químico de los Filtros para la determinación de Plomo en Aire $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A EsSalud – Hospital Nacional del Sur, en el desarrollo de las pruebas de laboratorio para determinar las pruebas de Plomo en sangre.

Al Dr. Ebingen Villavicencio, por su asesoramiento estadístico del presente estudio.



El presente trabajo está dedicado a mi familia por su apoyo incondicional en el cursar de mi vida, cual quedará marcado como ejemplo de unión por el resto de mi vida, teniendo siempre presente que su felicidad me reconforta, me anima.

INDICE GENERAL

RESUMEN	ii
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO ÚNICO: RESULTADOS	4
DATOS DEMOGRÁFICOS DE LA POBLACIÓN	5
CONTAMINACIÓN DE PLOMO EN AIRE AMBIENTAL	7
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS	9
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN EDAD.....	12
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN GÉNERO	15
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN ÁREA DE RESIDENCIA	18
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN AÑOS DE RESIDENCIA.....	21
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN OCUPACIÓN	23
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN TIEMPO DE TRABAJO	26
DISCUSIÓN Y COMENTARIOS	28
CONCLUSIONES	31
SUGERENCIAS	36
PROPUESTA DE SALUD AMBIENTAL	37
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	51
ANEXO 1 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	52

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivos conocer las concentraciones de plomo en el aire que circunda las en la esquina de la calle San Juan de Dios con la calle 28 de Julio, y determinar la influencia de ésta sobre las concentraciones de plomo en sangre de las personas que laboran en un colegio de la zona. Se realizó el presente estudio de corte transversal en toda la población que labora en el colegio Sagrados Corazones que cumplió criterios de selección.

Se midió los niveles de partículas totales en suspensión (PTS) del aire muestreado mediante método gravimétrico de comparación para muestras de gran volumen usando un ventilador de turbina tipo industrial en un filtro de fibra de vidrio. Posteriormente se realizó el análisis químico del filtro por el método de espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de partículas de plomo captadas por unidad de aire en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, teniendo como resultados un valor de $0,604 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mismos valores son considerados como normales comparados con los límites permisibles propuestos por la dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Arequipa, que indica como máximo permisible para un periodo de 24 horas, los niveles de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Para la medición de las concentraciones de plomo en sangre se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito , siendo el promedio general encontrado de $14,06 \mu\text{g}/\text{dl}$, valores considerados normales para los parámetros que rigen en nuestra normas según la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), quien dicta como límites permisible de plomo en sangre la media de $20 \mu\text{g}/\text{dl}$ para poblaciones adultas ambientalmente expuestas y que son referencias también del Organismo Mundial de Salud (OMS), sin embargo según los expertos de la CDC (Center for Disease Cntrol and Prevention of EEUU) indican que las personas con valores incluso dentro de los límites normales no se puede asegurar que dichas personas no tengan algunas perturbaciones fisiológicas

ya que el plomo aún en concentraciones bajas puede causar una serie de trastornos bioquímicos en el organismo de manera subclínicas puesto que el plomo no es un elemento esencial para la actividad de los sistemas biológicos.

El presente trabajo termina concluyendo según los resultados obtenidos que tanto los valores de plomo aire como los valores de plomo en sangre se encuentran dentro de los límites normales de acuerdo a las normas establecidas por la Dirección General de Salud Ambiental; entonces podemos inferir que las bajas concentraciones de plomo en sangre son debido a las bajas concentraciones de plomo en aire pero sin embargo no se puede establecer una relación estadística para ambas variables porque ambas son referidas a dos unidades de estudio diferentes además que solo se tiene un valor para las concentraciones de plomo en aire puesto debido a las características del estudio por tratarse de un estudio transversal que mide las dos variables haciendo un corte en el tiempo.

PALABRAS CLAVE: Plomo ambiental – plomo en sangre – colegio.

ABSTRACT

This study had the aim of knowing the concentrations of lead in the air that surrounds the in the corner of the street San Juan de Dios with street and determine July 28 the influence thereof on the concentrations of lead in blood of persons working in a school zone. This cross-sectional study was conducted in all people working in the sacred hearts school which met selection criteria.

Measured levels of total particles in suspension (PTS) air sampled by gravimetric method comparison for high volume sampler using a fan turbine industrial fiberglass filter. Subsequently performed chemical analysis filter method for the determination of lead particles captured by air unit atomic absorption spectrophotometry in (g/m³, with results 0,604 value (g/m³, same values are considered as normal compared to the allowable limits proposed by the environmental health of Arequipa, which indicates permissible maximum for 24 hours, executive management levels of 1.5 µg/m³.)

Atomic, being found in 14.06 overall average absorption spectrophotometry method was used for measurement of blood lead concentrations (g/dL, considered to be normal for parameters that govern our standards according to the Directorate of environmental health who dictates as permissible blood lead limits the average 20 µg/dL for adult populations exposed environmentally and which are references of the global health agency however according to the CDC experts (Center for Disease Control and Prevention of United States) indicate that persons with values within normal limits cannot be assured that such persons do not have some physiological lead even in low concentrations may cause a series of biochemical subclinica since lead is not essential for the activity of biological systems as Agency disorders perturbations.)

This work ends according to the results obtained in conclusion there a statistically significant relationship between the values of lead found in air on blood lead values obtained in people under the present study.

KEY words: Environmental lead - blood - lead College.



INTRODUCCIÓN

Se ha hablado mucho últimamente sobre saneamiento ambiental en el Perú y mucho más antes en otros países, tal es así que en la conferencia en las Naciones Unidas acerca del medio ambiente y su contaminación, realizada en Estocolmo en 1973 se dieron los primeros pasos para la generación de estadística del medio ambiente, a partir de entonces comenzaron las preocupaciones sobre el medio ambiente, formulando conceptos, metodología, informes estadísticos.

Posteriormente debido a la necesidad Anterior en 1982, en Río de Janeiro donde tuvo lugar la reunión "Cumbre de la Tierra" en la cual fue suscrito el programa de las Naciones Unidas para el desarrollo sustentable, mejor conocido como agenda 21, se discutió con mayor profundidad la importancia de la protección del medio ambiente.

Así en 1987 la conferencia de las Naciones Unidas para el medio ambiente y el desarrollo planteó la discusión sobre los problemas globales del desarrollo, media ambiente y desarrollo sustentable, con la consecuente necesidad de tener que contar con información estadística específica que cuantifique y evalúe la evolución de los recursos y el estado del ambiente.

En el Perú también cobró importancia este tema, tal es así que en 1992 se participó en las reuniones internacionales sobre estadísticas del Medio Ambiente, conjuntamente con México, Chile, Brasil y Bolivia.

En Setiembre de 1992 se constituyó en el Perú la Comisión Interinstitucional de Estadísticas del Medio Ambiente (COMIEMA) presidida por el INEI y conformada por 14 organismos gubernamentales y cuatro no gubernamentales.

El presente trabajo está enfocado específicamente a establecer la ya aparente relación entre lo que implica contaminación del aire que se respira y su repercusión en la salud pública. Pero para ser más preciso en la investigación y más aún por razones de costos del trabajo, se tratará de establecer una relación directa entre la presencia del material metal pesado plomo en el aire y el intercambio del mismo en el suero sanguíneo.

Por tanto, ante los antecedentes investigativos e inquietudes sobre el problema de la contaminación ambiental y su influencia en la salud pública es que se desarrolla el presente trabajo en la Ciudad de Arequipa en el año 2000 , tratando de establecer la influencia del material tóxico plomo en partículas respirables sobre la presencia del metal plomo $\mu\text{g/dL}$ de sangre en personas , tomando como las unidades de estudio a las personas que laboran en el colegio sagrados corazones de Arequipa ubicado entre la intersección de las calles San Juan de Dios en cercado de Arequipa, que tuvo una duración aproximada de 8.5 meses aproximadamente desde enero a septiembre del año 2000.

Pues como es sabido, durante las últimas décadas el parque automotor en nuestra ciudad se ha incrementado, principalmente o en su mayoría por vehículos usados importados, causando un enorme incremento en la contaminación del aire, lo cual a su vez conlleva a un consecuente incremento de la incidencia de asma y otras afecciones respiratorias.

Si bien es cierto los contaminantes de mayor riesgo para la salud de Arequipa son: Material particular en suspensión, sobretudo en la fracción PM 2.5 (que es producido por vehículos diesel del transporte público y de carga, quema abierta de vegetación y basura), sulfato producto de SO_2 en la atmósfera; el monóxido de carbono (CO) producido por vehículos gasolineros, en donde el 60% provienen de taxis; niveles altos de concentración de ozono (O_3) producto de reacciones fotoquímicas, también es cierto que en países en vías de desarrollo como el nuestro representa un serio problema la acumulación de partículas suspendidas respirables de

plomo ya sea en forma orgánica e inorgánica que en suma es pues una situación que atenta contra la salud pública.

Por tanto es responsabilidad de las instituciones públicas y privadas asumir acciones ante este gran problema de contaminación del aire que cada vez se hace presente en el daño a la salud de las personas. El presente trabajo consta de un único capítulo denominado resultado, donde se muestran las tablas estadísticas producto del análisis de datos, a continuación se presenta el anexo 1 que consta del proyecto de investigación que dio origen al presente estudio.





CAPÍTULO ÚNICO
RESULTADOS

CUADRO 1

DATOS DEMOGRÁFICOS DE LA POBLACIÓN

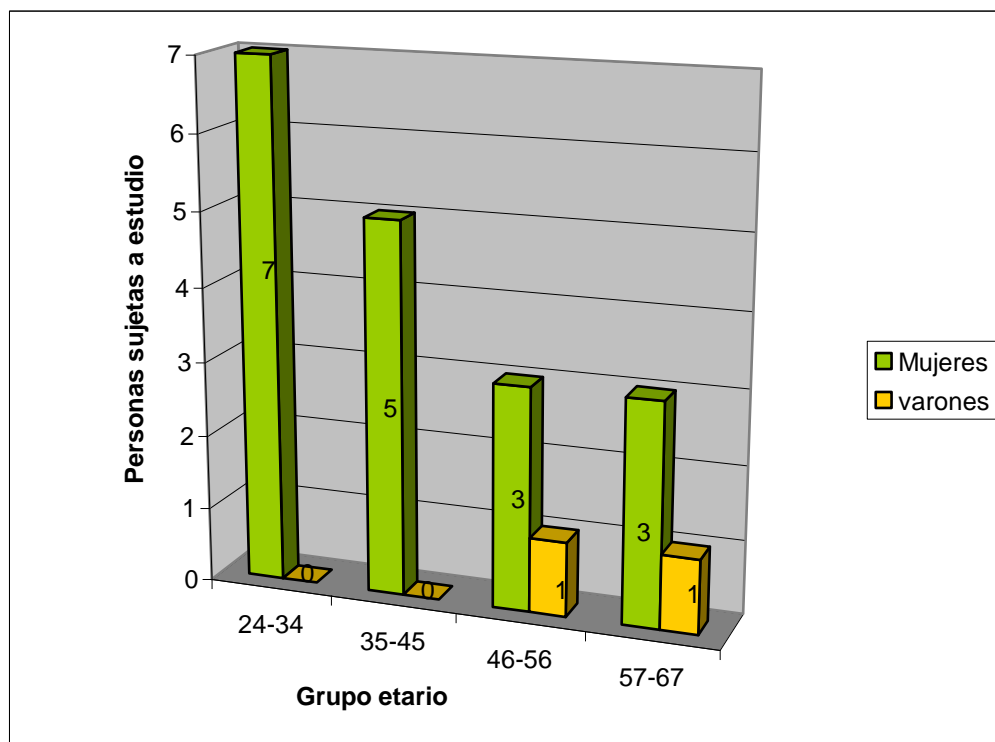
Grupo Etario	Mujeres		Varones		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
24-34	7	35	0	0	7	35
35-45	5	25	0	0	5	25
46-56	3	15	1	5	4	20
57-67	3	15	1	5	4	20
TOTAL	18	90	2	10	20	100

Fuente: Elaboración propia

En presente cuadro nos muestra el total de personas que incluyen la muestra de estudio según su género y edad y podemos observar que el grupo etario de mayor concertación se encuentra representado por el grupo edades entre los 24 a 45 años de edad por cual se concluye que se trata de una muestra con predominancia en edad joven.

GRÁFICO 1

DATOS DEMOGRÁFICOS DE LA POBLACIÓN



Fuente: elaboración propia

CUADRO 2

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN AIRE AMBIENTAL

FECHA DE MUESTRA	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
01/Marzo/2000	195,7	0,604

Fuente: Ministerio Nacional de Salud (MINSA) Área Medio Ambiente
Dirección Regional de Salud Ambiental (DIRESA)

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES EN EL AIRE

MUESTRA PARA 24 HORAS	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Reglamento Nacional de Estándares de Calidad Ambiental 1998 (*)	350	1.5

Fuente: Ministerio Nacional de Salud (MINSA)
Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).

De los resultados que nos muestra el presente cuadro, podemos observar que la concentración de las partículas totales en suspensión (PTS) se encuentra dentro de los niveles permisibles según los valores para Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), y la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Arequipa, quienes señalan como límites máximos para un periodo de muestra de 24 horas los niveles de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ asimismo según también las normas dictadas por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) en lo que se respecta a los niveles máximos permisibles para Plomo en aire y comparándolos con los datos encontrados en nuestro estudio de investigación ($0,604 \mu\text{g}/\text{m}^3$) afirmamos que dicho valor se encuentra dentro de los límites permisibles para una toma de 24 horas pues

(*) Reglamento Nacional para la Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles – D.S. N° 044-98-PCM.

esa misma entidad dicta como límite máximo permisible $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo podemos afirmar un incremento de esas concentraciones comparado con el hallazgo encontrado en 1996 por la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental cual fue $0.419 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 hrs.



CUADRO 3

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS

PLOMO EN SANGRE	TOTAL	
	Nº	%
10.0 a 10.9	2	10.00
12.0 a 12.9	4	20.00
13.0 a 13.9	3	15.00
14.0 a 14.9	9	45.00
15.0 a 15.9	2	10.00
TOTAL	20	100.00

Fuente: elaboración propia

El cuadro nos muestra la distribución de los niveles de plomo en sangre en las personas sujetas a estudio, en donde podemos observar que la mayor concentración de la muestra (45%) está constituida por personas con valores de plomo sanguíneo entre 14.0 y 14.9 $\mu\text{g/dl}$ mientras que los valores más bajos de dicho metal en el suero sanguíneo de las personas que integran la muestra se encuentran entre los 10 y 10.9 $\mu\text{g/dl}$.

Sin embargo según la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos - EPA (Environmental Protection Agency) tendríamos 10% de la muestra en estudio poseen concentraciones sanguíneas de plomo que generan riesgo para la salud, pues dicha entidad indica que el límite permisible de concentraciones de plomo en sangre para personas adultas ambientalmente expuestas es de 15 $\mu\text{g/dl}$, sin embargo de acuerdo a los parámetros establecidos por el Organismo Mundial de La salud, podríamos afirmar que ninguna persona integrante del presente estudio estaría en riesgo, pues este Organismo señala como límites de tolerancia biológica para personas no

expuestas ocupacionalmente hasta 20 $\mu\text{g/l}$, y dichos valores son también referenciales para el Ministerio de Salud en nuestro país

Otros trabajos han encontrado también diferencias de género relacionadas a plumbemia sin embargo tampoco encontraron diferencias con relevancia estadística.^{1, 2, 3}



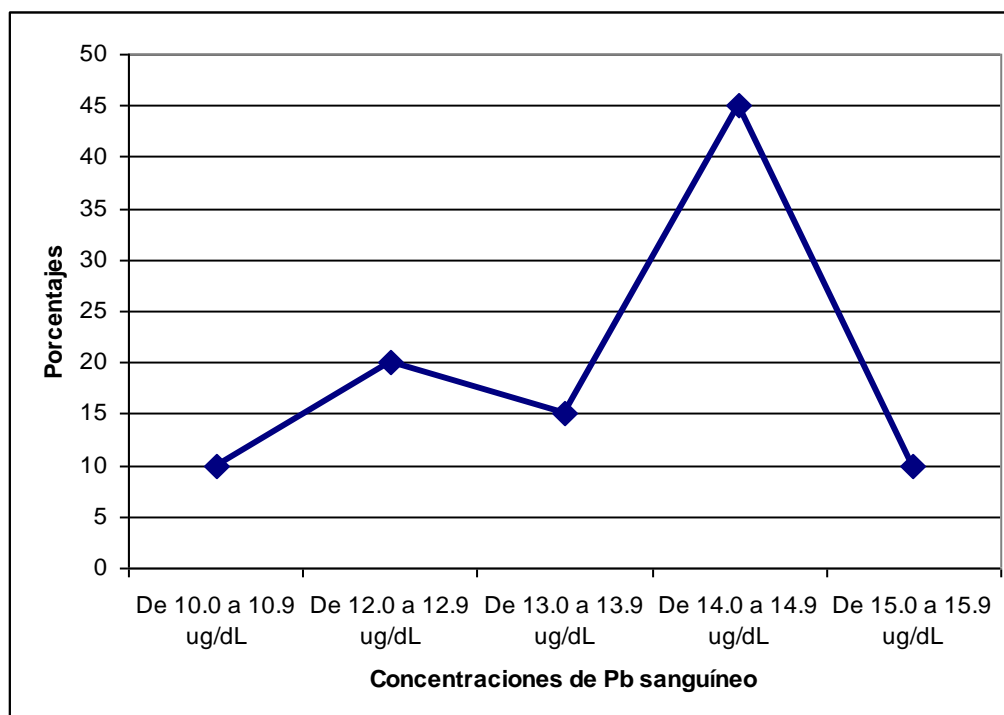
¹ Augusto V. Ramírez, Juan Cam Paucar y José M. Medina. (1995). *Plomo Sanguíneo en los Habitantes de Cuatro Localidades Peruanas*. Revista Panamericana de Salud Pública 1997.

² HERNÁNDEZ ÁVILA M. Y PALAZUELOS RENDÓN E. (1995). *Intoxicación por plomo en México: Prevención y control*. Cuernavaca, Mor.: Instituto Nacional de Salud Pública.. Perspectivas en Salud Pública, núm. 21.

³ Ministerio de Salud DIGESA (1999). *Estudio de Plomo en Sangre en Poblaciones Seleccionadas de la Ciudad de Arequipa*.

GRAFICO 2

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS



Fuente: elaboración propia

CUADRO 4
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN EDAD

EDAD						PLOMO EN SANGRE
24-34	35-45	46-56	57-67	TOTAL		
Nº	Nº	Nº	Nº	Nº	%	
1	0	1	0	2	10.00	10.0 a 10.9
1	0	0	3	4	20.00	12.0 a 12.9
0	3	0	0	3	15.00	13.0 a 13.9
5	2	1	1	9	45.00	14.0 a 14.9
0	1	1	0	2	10.00	15.0 a 15.9
7	6	3	4	20	100.00	TOTAL
Coef. correlación		r = -0.0008				
Probabilidad		p < 0.7360				

Fuente: elaboración propia

En el presente cuadro pretende establecer una relación entre la edad de las personas y las concentraciones de plomo en sangre, aplicando para ello una herramienta estadística como es coeficiente de correlación y así afianzar dicha correlación entre estas dos variables cuantitativas, obteniendo como resultado que no existe relevancia estadística que muestre esta correlación lineal sin embargo se puede establecer solo tendencias.

Asimismo el cuadro indica que la mayor concentración de plomo en sangre se encuentra en las personas relativamente jóvenes, entre las edades de 24 y 45 años con un 55% del total de la muestra, y una concentración de plomo en sangre entre los 13 y 14.9 ug/dl; además podemos apreciar que el siguiente grupo en importancia en concentración de plomo sanguíneo están conformado por el grupo etario de 57 a 67 años de edad con una

concentración de plomo sanguíneo que oscila entre 12 y 12.9 ug/dl. Finalmente en el último grupo de importancia se encuentran las personas ubicadas entre las edades de 46 y 57 años.

Para poder encontrar una explicación al presente cuadro se debe de tener en cuenta que los niveles de absorción de plomo están relacionados a muchos factores entre ellos, edad, género, lactancia, embarazo, metabolismo, enfermedades pulmonares, hepáticas etc.

De acuerdo a la literatura revisada podemos explicar que la concentración más elevada de plomo en sangre ubicada entre las personas jóvenes entre 24 y 45 años de edad es debido a su actividad metabólica la misma que se encontraría más elevada en estas personas jóvenes en comparación con las personas de edad avanzada, sin embargo esto podría contradecirse con los resultados de plomo en sangre encontrado en personas pertenecientes al grupo etario entre 57 y 67 años y aquí nuestro argumento se basa en que las personas completan su máximo desarrollo óseo aproximadamente en la cuarta década de su vida y a partir de aproximadamente de la sexta década ocurre pérdida de la masa ósea lo cual al estar expuesto ambientalmente a partículas de plomo ocurriría el intercambio entre plomo y calcio, puesto que el plomo compite con el calcio en el organismo.

Otros investigadores encontraron diferencias en cuanto a edad pero solo uno, el realizado por DIGESA en Arequipa pudo establecer esa diferencia como estadísticamente válida.^{4, 5,6}

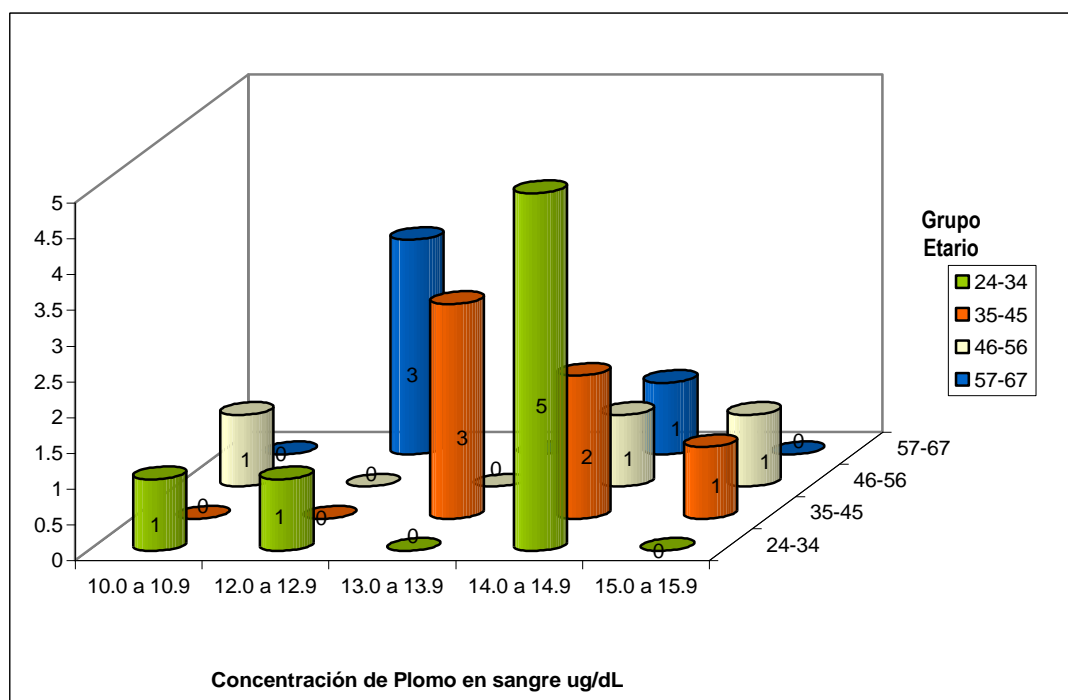
⁴ Augusto V. Ramírez, Juan Cam Paucar y José M. Medina. (1995). Ob. Cit.

⁵ Vigilancia y Control de la Intoxicación por Plomo en los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos en la Ciudad de Arequipa. DIGESA 1997.

⁶ HERNÁNDEZ ÁVILA M. Y PALAZUELOS RENDÓN E. (1995). Ob. Cit., núm. 21.

GRAFICO 3

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN EDAD



Fuente: elaboración propia

CUADRO 5

CONCENTRACIONES DE PLOMO EN PERSONAS SEGÚN GÉNERO

PLOMO EN SANGRE	TOTAL		SEXO			
			Mujeres		Varones	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
10.0 a 10.9	2	10.00	2	11.11	0	0.00
12.0 a 12.9	4	20.00	4	22.22	0	0.00
13.0 a 13.9	3	15.00	3	16.67	0	0.00
14.0 a 14.9	9	45.00	7	38.89	2	100.00
15.0 a 15.9	2	10.00	2	11.11	0	0.00
TOTAL	20	100.00	18	100.00	2	100.00
Promedio			13.53		14.60	
Desv. Estándar			1.47		0.14	
T de student					1.00	
Probabilidad					0.3287	

Fuente: elaboración propia

El presente cuadro nos muestra el comportamiento de las concentraciones del metal pesado plomo sobre el género de las personas, para lo cual utilizamos la prueba estadística de t de student y poder realizar una comparación de dichos promedios, encontrando que los mayores niveles de plomo lo tienen los varones con 14.60 $\mu\text{g/dl}$ mientras que en las mujeres es de 13.53 $\mu\text{g/dl}$, sin embargo esta aparente diferencia no es estadísticamente significativa.

Esto posiblemente se deba a que el metabolismo del hombre es mayor que el de las mujeres, aunque existen diferentes factores que pueden influir sobre las concentraciones de plomo como edad, género, lactancia, embarazo, metabolismo, enfermedades pulmonares, hepáticas hábitos de fumar, etc.

Otros investigadores han también establecido diferencias a favor de los varones pero en su mayoría no se ha logrado establecer que las diferencias sean significativas.^{7, 8, 9, 10}



⁷ Augusto V. RAMÍREZ, Juan CAM PAUCAR y José M. MEDINA. Ob. Cit.

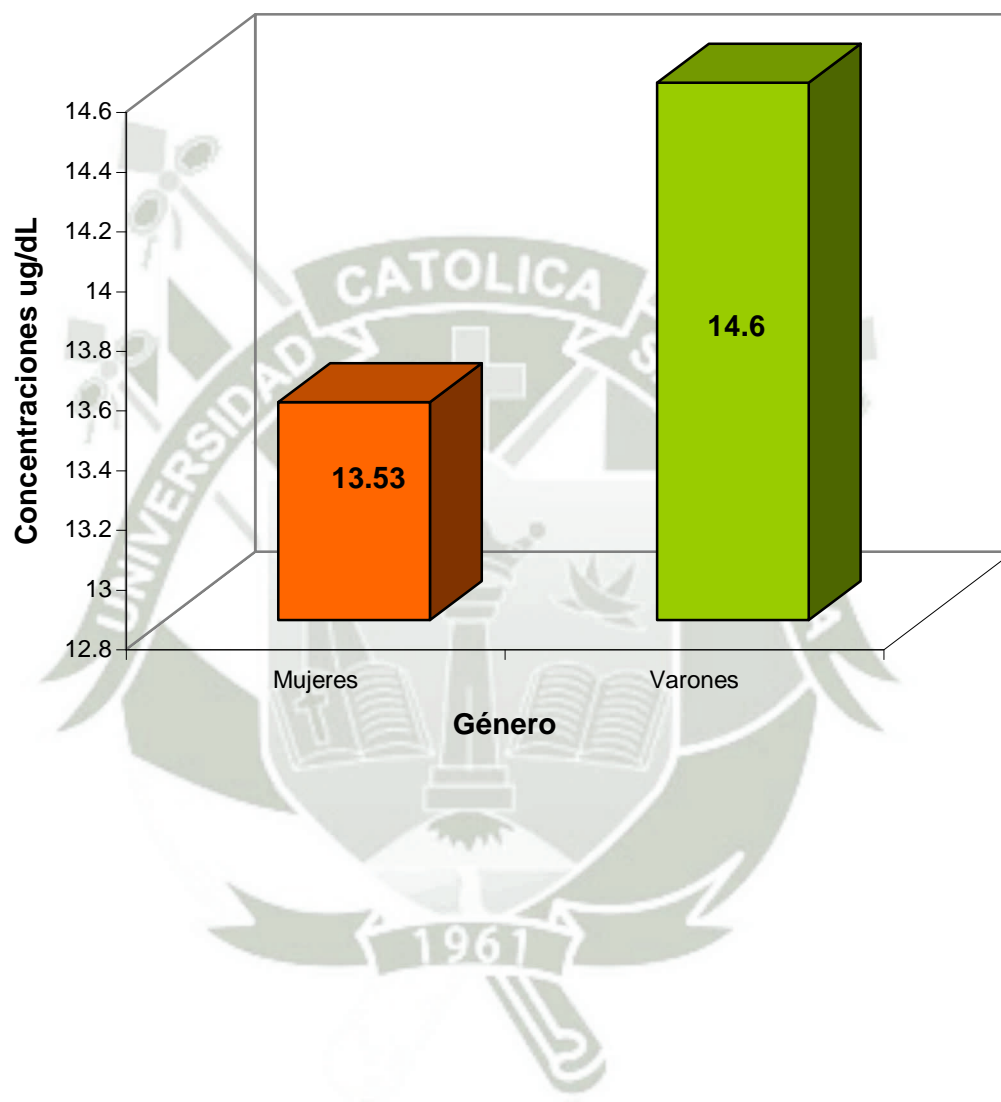
⁸ Hernández Ávila M. Y Palazuelos Rendón E. Ob. Cit. Núm. 21

⁹ Ministerio de Salud DIGESA (1999). *Estudio de Plomo en Sangre en Poblaciones Seleccionadas de la Ciudad de Arequipa*.

¹⁰ RAMOS ESCALANTE Carlos David. *Determinación del Plomo Sanguíneo en Policías de Tránsito en Arequipa 1993. Tesis Farmacia y Bioquímica U.C.S.M.*

GRAFICO 4

CONCETRACIONES DE PLOMO EN PERSONAS SEGÚN GÉNERO



CUADRO 6
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN ÁREA DE RESIDENCIA

PLOMO EN SANGRE	TOTAL		ÁREA DE RESIDENCIA			
			PERIURBANA		URBANA	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
10.0 a 10.9	2	10.00	1	20.00	1	6.67
12.0 a 12.9	4	20.00	2	40.00	2	13.33
13.0 a 13.9	3	15.00	0	0.00	3	20.00
14.0 a 14.9	9	45.00	2	40.00	7	46.67
15.0 a 15.9	2	10.00	0	0.00	2	13.33
TOTAL	20	100.00	5	100.00	15	100.00
Promedio			12.98		13.86	
Desv. Estandar			1.63		1.34	
T de student					1.21	
Probabilidad					0.2421	

Fuente: elaboración propia

El presente cuadro y gráfico nos muestra la distribución de las concentraciones de plomo en sangre de acuerdo al área de residencia urbana o periurbana (ya que ninguno de los muestreados reside en un área rural); las mayores concentraciones de plomo en sangre se encuentran en áreas urbanas más que en periurbanas, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa, sin embargo podemos deducir que quien vive en zona peri urbana tiene menos probabilidad de tener concentraciones nocivas de plomo.

Lo anterior se debe a que mientras más contaminación haya en el medio circundante mayor es la probabilidad de que las personas se encuentren con mayores niveles de plomo, ya se ha demostrado en diferentes literaturas que

las personas mientras más cerca y más tiempo se encuentren cerca a una fuentes de emisión o inmisión de plomo, estos se encontrarán con mayor riesgo de salud.

Así también estableció esa relación diferentes autores aunque en muchos no hubo diferencias estadísticas pero establecieron cierta tendencia de mayores niveles de plomo en sangre con respecto a si viven en áreas urbanas.^{11, 12, 13}



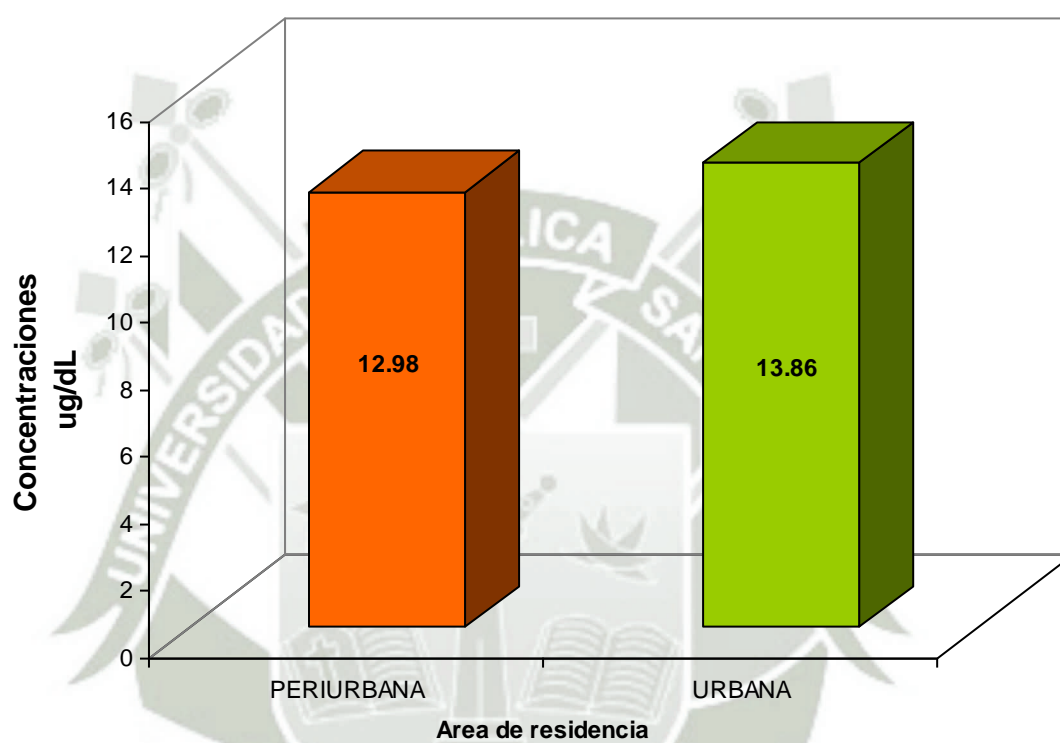
¹¹ Ministerio de Salud DIGESA (1999). *Estudio de Plomo en Sangre en Poblaciones Seleccionadas de la Ciudad de Arequipa*.

¹² Rday Quintanilla Víctor. *Niveles de Plomo en Sangre en Niños Procedentes de Colegios de Zona Urbano Marginales y Rurales de la Ciudad de Arequipa 1999. Tesis*.

¹³ Ministerio de Salud DIGESA. (1998). *Estudio Preliminar de Plomo Sérico en Lima Metropolitana*.

GRAFICO 5

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN ÁREA DE
RESIDENCIA



CUADRO 7
CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN AÑOS DE RESIDENCIA

PLOMO EN SANGRE	TOTAL		AÑOS DE RESIDENCIA			
			1 a 6	7 a 12	13 a 24	25 a >
	Nº	%	Nº	Nº	Nº	Nº
10.0 a 10.9	2	10.00	1	0	1	0
12.0 a 12.9	4	20.00	1	0	0	3
13.0 a 13.9	3	15.00	1	2	0	0
14.0 a 14.9	9	45.00	4	2	3	0
15.0 a 15.9	2	10.00	0	1	0	1
TOTAL	20	100.00	7	5	4	4
Coef. correlación			r = 0.02			
Probabilidad			p < 0.9201			

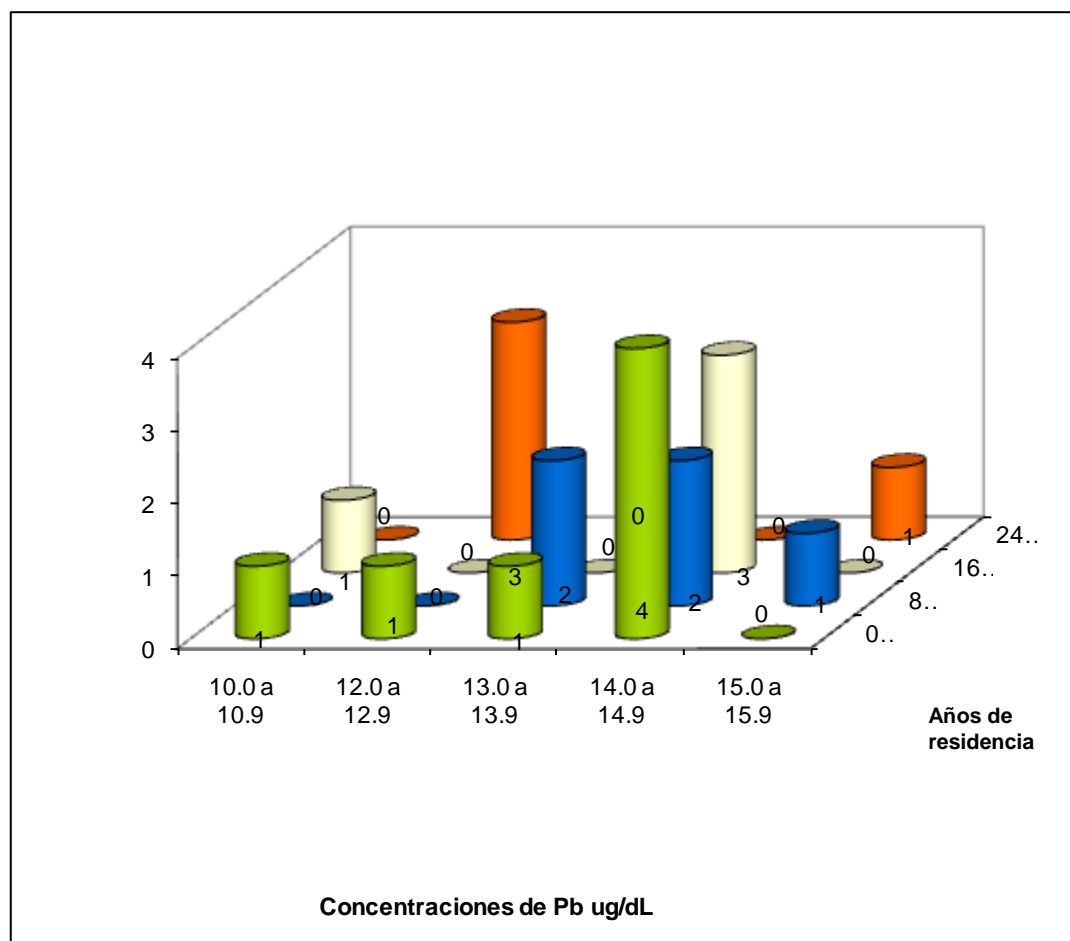
Fuente: elaboración propia

Según podemos observar en el presente cuadro, nos muestra que no existe relación entre los niveles de plomo en sangre encontrados en las personas muestreadas y los años que residen en su vivienda ($r < 0,30$).

Argumentando los resultados del cuadro anterior y revisando material bibliográfico podemos afirmar que no necesariamente los años de residencia en una zona urbana puede convertirse en un factor determinante para elevar las concentraciones de plumbemia, aunque sí está considerado como uno de varios factores relacionados, pero lo que sí es en definitiva determinante para elevar las concentraciones de plomo en sangre, son las concentraciones de plomo existentes en el medio donde reside.

GRÁFICO 6

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN AÑOS DE RESIDENCIA



Fuente: elaboración propia

CUADRO 8

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN OCUPACIÓN

PLOMO EN SANGRE	OCUPACIÓN					
	Administrativo		Otros (*)		Profesor	
	Nº	%	Nº	%	Nª	%
10.0 a 10.9	1	33.33	1	12.50	0	0.00
12.0 a 12.9	2	66.67	2	25.00	0	0.00
13.0 a 13.9	0	0.00	1	12.50	2	22.22
14.0 a 14.9	0	0.00	4	50.00	5	55.56
15.0 a 15.9	0	0.00	0	0.00	2	22.22
TOTAL	3	100.00	8	100.00	9	100.00
Promedio	11.93		13.44		14.39	
Desv. Estandar	1.16		1.55		0.80	
Coef. Spearman	Rho = 0.4819					
Probabilidad	p < 0.0314					

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a lo observado en el cuadro, podemos afirmar que hay una relación entre los niveles de plomo en sangre y la labor que desempeñan las personas en el centro educativo; existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$), en donde los profesores presentan mayores niveles de plomo en sangre en comparación con los otros dos grupos.

Lo anterior posiblemente se deba a que los docentes por su misma actividad de enseñanza se encuentran en constante incremento de sus frecuencias respiratorias ocasionando mayor ingestión de aire y por tanto mayor riesgo para su salud, lo que en sentido contrario ocurriría con el personal administrativo cuya labor se podría decir es pasiva.

(*) El grupo "Otros" se encuentra definido por personal de vigilancia y personal eclesiástico.

Quizá también podríamos afirmar que es importante tener en cuenta que las aulas del colegio se encuentran más cercanas a las avenidas San Juan de Dios y Salaverry mientras que las oficinas del personal administrativo se encuentran más en el interior del Colegio Sagrados Corazones y más alejadas de las avenidas anteriormente mencionadas.

Existen estudios que relacionan la labor que realizan las personas y los niveles de plomo en sangre, así como su exposición ambiental de mayor riesgo, lo que finalmente concluyen que existe una relación entre su labor y sus niveles de plomo, de manera directamente proporcional, tal como lo indica también la literatura.^{14,15,16}



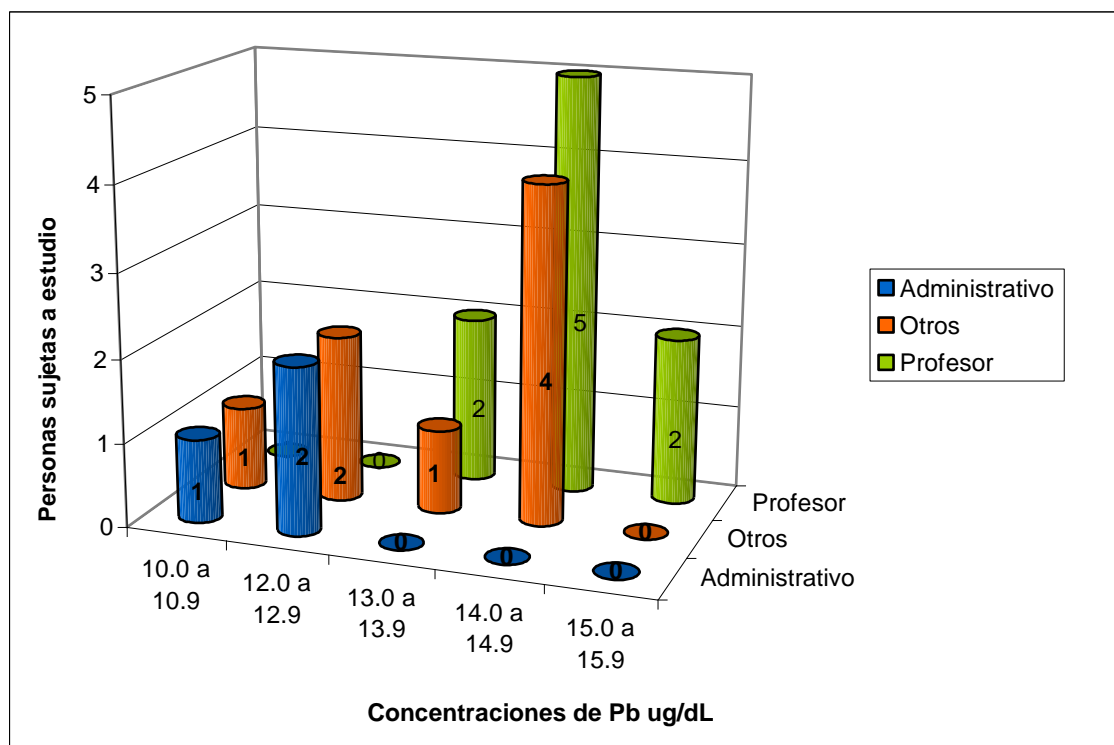
¹⁴ *Vigilancia y Control de la Intoxicación por Plomo en los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos en la Ciudad de Arequipa. DIGESA 1997.*

¹⁵ RAMOS ESCALANTE, Carlos David. *Determinación del Plomo Sanguíneo en Policías de Tránsito en Arequipa 1993.* Tesis Farmacia y Bioquímica U.C.S.M.

¹⁶ MEDINA MARCEL. *Correlación del Nivel Sérico del Plomo y la Capacidad Intelectual en una Población Escolar de 6 a 7 años del Cercado de Arequipa 1999.* Tesis-Medicina U.C.S.M.

GRAFICO 07

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN OCUPACIÓN



CUADRO 09

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN TIEMPO DE TRABAJO

PLOMO EN SANGRE	TOTAL		AÑOS DE TRABAJO			
			0 a 7	8 a 15	16 a 23	24 a >
	Nº	%	Nº	Nº	Nº	Nº
10.0 a 10.9	2	10.00	1	0	0	1
12.0 a 12.9	4	20.00	1	0	1	2
13.0 a 13.9	3	15.00	0	1	1	1
14.0 a 14.9	9	45.00	4	4	0	1
15.0 a 15.9	2	10.00	0	1	0	1
TOTAL	20	100.00	6	6	2	6
Coef. correlación	r = -0.15					
Probabilidad						
	p < 0.5210					

Fuente: elaboración propia

Del presente cuadro podemos deducir que no existe una relación directa entre los años de trabajo y los niveles de plomo en sangre, ya que hay una tendencia a que los niveles más altos de plomo se observan en personas con menos años de trabajo, aunque de manera no estadísticamente significativa.

Según la literatura revisada se establece relación entre los años de permanencia en un ambiente contaminado por plomo y los niveles sanguíneos de plomo, sobretodo en ambientes de personas ocupacionalmente expuestas aunque no es un factor determinante mas bien sí lo es la cantidad de contaminación existente en el ambiente.

Así también lo sugieren algunos autores en sus trabajos en donde tampoco encuentran esa relación con importancia estadística.^{17, 18, 19}

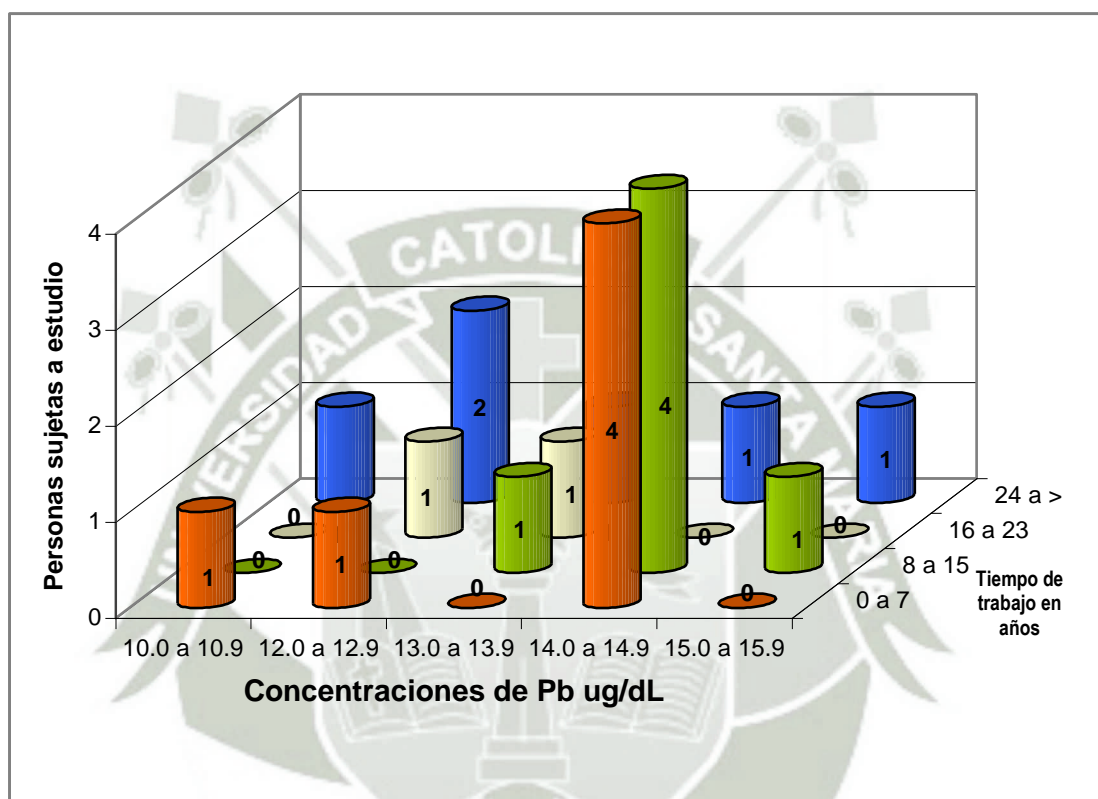
¹⁷ HUISA TORRES, Juan José. Niveles de Acido Delta- Aminolevulámico en Intoxicación con Plomo en la Ciudad de Arequipa. Tesis, Bachiller Farmacia y Bioquímica. UCSM. 1998.

¹⁸ DÍAZ JARA ALMONTE, Rosina del Carmen *Estudio de los Niveles de Plomo en Sangre en Ex trabajadores de Minero Perú en la Ciudad de Arequipa*. Tesis Bachiller Farmacia y Bioquímica. UCSM. 1997.

¹⁹ Vigilancia y Control de la Intoxicación por Plomo en los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos en la Ciudad de Arequipa. DIGESA 1997.

GRAFICO 08

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN LAS PERSONAS SEGÚN TIEMPO DE TRABAJO



Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN Y COMENTARIOS

Los niveles de plomo en aire encontrados en nuestro trabajo fueron de $0,604 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Cuadro 2**), considerándose a la zona de muestreo como una expuesta a las emanaciones de plomo provenientes de la combustión de la gasolina, principalmente debido a la alta congestión vehicular pero también debido a todos los agentes externos que influyen en la propagación de este metal en partículas suspendidas en el ambiente. Asimismo podemos decir que los niveles encontrados si bien no son valores alarmantes teniendo en cuenta los límites permisibles anuales para nuestra ciudad, de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio y los límites permisibles propuestos por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y la dirección Ejecutiva de salud ambiental de Arequipa en 1997, quien señala como valor máximo permisible para un periodo de 24 hrs. concentraciones de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ^{20,21}, y los valores para un mes que son de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para un año $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo podemos observar que estos niveles encontrados en nuestro estudio superan los hallados en 1998 y 1999 en nuestra ciudad, que fueron de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual y siendo en enero de 1996 que la misma institución encontró valores promedio de plomo en aire para 24 horas de $0,419 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la misma zona de estudio tomada por nosotros, y para un periodo de enero a marzo del mismo año los valores fueron en promedio de $0,664 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (para la calle Sucre / Palacio Viejo), resultados que se asemejan al nuestro.

Respecto a los resultados del **Cuadro 3**, como se había mencionado en la interpretación del mismo cuadro, la mayor concentración de la muestra se encuentra en las personas con una concentración sanguíneas de plomo que oscila entre 14 a 14.9 ug/dl representando un 45% del total de la muestra, estos valores de personas ambientalmente expuestas son mucho más elevadas que las concentraciones encontradas por otros investigadores como Rday Quintanilla en su trabajo **Niveles de Plomo en Sangre en**

²⁰ Ministerio de Salud DIGESA (1996). Estudio de la Calidad del Aire de la Ciudad de Arequipa.

²¹ MINISTERIO DE SALUD. Dirección General de Salud Arequipa Programa Aire Limpio. 1998

Niños Procedentes de de Colegios de Zona Urbano Marginales y Rurales de la ciudad de Arequipa 1999, en donde dicho autor encontró valores de 6.9 ug/dl para niños ambientalmente expuestos de zonas urbanas; además otro autor Medina Marcel en su trabajo **Correlación Del Nivel Sérico Del Plomo Y La Capacidad Intelectual En Una Población Escolar De 6 A 7 Años Del Cercado De Arequipa En 1999**, también encontró valores menores que los encontrados en nuestro estudio, con concentraciones de plomo en sangre de 8.25 ug/dl en los niños expuestos ambientalmente. Adicionalmente a los autores anteriormente mencionados no se han encontrado otros trabajos en personas ambientalmente expuestas pues en su mayoría los trabajos están basados en personas ocupacionalmente expuestas.

El **Cuadro 4** muestra la distribución del plomo en sangre en relación a la edad; si bien no hay una relación directa entre el incremento de plomo con la edad, también es cierto que el grupo de 24 a 45 años es el que presenta mayores concentraciones de plomo, coincidiendo con un trabajo realizado en la ciudad de Arequipa en poblaciones ocupacionalmente expuestas en que las mayores concentraciones de plomo en sangre estuvieron en el grupo de 26 a 50 años con diferencias estadísticamente significativas²². Así también el trabajo realizado en 1995 por Ramírez²³ en diversas localidades del país no encontró relación directa entre la edad y los niveles de plomo sanguíneo. De la misma forma sucedió en México en un estudio similar realizado en 1995²⁴.

Respecto a los resultados según sexo (**Cuadro 5**), los varones tuvieron mayores concentraciones de plomo en sangre en comparación con las damas aunque estadísticamente estas diferencias no fueron significativas,

²² Vigilancia y Control de la Intoxicación por Plomo en los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos en la Ciudad de Arequipa. DIGESA 1997.

²³ Augusto V. Ramírez, Juan Cam Paucar y José M. Medina. (1995). *Plomo Sanguíneo en los Habitantes de Cuatro Localidades Peruanas*. Revista Panamericana de Salud Pública 1997.

²⁴ HERNÁNDEZ ÁVILA M. Y PALAZUELOS RENDÓN E. (1995). *Intoxicación por plomo en México: Prevención y control*. Cuernavaca, Mor.: Instituto Nacional de Salud Pública. Perspectivas en Salud Pública, núm. 21.

coincidimos con Ramírez A²⁵ en su trabajo sobre plomo en sangre de personas ocupacionalmente expuestas, pero también ellos no encontraron diferencias significativas de importancia estadística, de la misma manera sucede en un trabajo realizado en México en 1995²⁶, donde ocurren mayores concentraciones de plomo en sangre de varones pero sin importancia estadística. Así también un trabajo realizado en cuatro localidades peruanas encontró similares resultados ²⁷, pero en 1999 otro trabajo sí demuestra una diferencia estadísticamente significativa en las concentraciones de plomo en sangre a favor de las mujeres. ²⁸.

A pesar de no ser significativa la diferencia estadística en la relación entre los niveles de plomo en sangre y el área de residencia (**Cuadro 6**), sin embargo se observó que existe una tendencia a la mayor concentración de plomo en sangre en zonas urbanas que en las periurbanas, lo mismo lo estableció la Dirección General de Salud Ambiental en un trabajo realizado en niños en 1999 en la ciudad de Arequipa, donde se encontró que, los niños pertenecientes a zonas urbanas presentaron niveles más altos de plomo (7,1 µg/dL) que en zonas periurbanas como Paucarpata (5,9 µg/dL ²⁹, de igual forma en esos mismo año en otro trabajo en nuestra localidad encontró promedios de plomo en sangre mayores en niños de zonas urbanas (6,9 µg/dL) que en zonas marginales (6,1µg/dL) con diferencias estadísticas significativas³⁰; lo mismo sucedió en un trabajo realizado en Lima por la DIGESA en 1998, encontrando mayores niveles de plomo en

²⁵ RAMÍREZ, Augusto V, CAM PAUCAR, Juan y MEDINA, José M. (1995). *Plomo Sanguíneo en los Habitantes de Cuatro Localidades Peruanas*. Revista Panamericana de Salud Pública 1997.

²⁶ HERNÁNDEZ ÁVILA M. Y PALAZUELOS RENDÓN E. (1995). *Intoxicación por plomo en México: Prevención y control. Cuernavaca, Mor.: Instituto Nacional de Salud Pública.. Perspectivas en Salud Pública*, núm. 21.

²⁷ Ministerio de Salud DIGESA (1999). *Estudio de Plomo en Sangre en Poblaciones Seleccionadas de la Ciudad de Arequipa*.

²⁸ Rday Quintanilla Víctor. *Niveles de Plomo en Sangre en Niños Procedentes de Colegios de Zona Urbano Marginales y Rurales de la Ciudad de Arequipa 1999*. Tesis.

²⁹ Ministerio de Salud DIGESA (1999). *Estudio de Plomo en Sangre en Poblaciones Seleccionadas de la Ciudad de Arequipa*.

³⁰ Rday Quintanilla Víctor. *Niveles de Plomo en Sangre en Niños Procedentes de Colegios de Zona Urbano Marginales y Rurales de la Ciudad de Arequipa 1999*. Tesis.

sangre en niños que residían en zonas urbanas que en zonas periurbanas y marginales ³¹.

No hay trabajos que establezcan una relación entre los años de residencia y los niveles de plomo en sangre (**Cuadro 07**); además que según nuestros resultados no existe tampoco una relación positiva entre estas dos variables.

Cuando establecemos la relación entre los niveles de plomo en sangre y la ocupación que desempeñan las personas (**Cuadro 08**) encontramos que existe una significancia estadística en donde los profesores poseen mayores niveles de plomo en sangre que personas que desempeñan otra labor.

Existen estudios en nuestra ciudad en 1998³² que demuestran mayores niveles de plomo en personas ocupacionalmente expuestas (33,82 $\mu\text{g/dL}$) en relación a las personas no expuestas (9,00 $\mu\text{g/dL}$); de igual manera en un trabajo realizado en policías de tránsito en 1993, los expuestos tenían niveles de 72,3 $\mu\text{g/dL}$, mientras que los no expuestos sólo llegaban a 15,76 $\mu\text{g/dL}$ ³³.

Otro estudio en nuestra ciudad en 1999 realizado en niños ambientalmente expuestos y no, encontró igualmente promedios más altos, de 8,25 $\mu\text{g/dL}$ en niños expuestos, y sólo de 6,25 $\mu\text{g/dL}$ en no expuestos.³⁴.

En lo que se refiere al **cuadro 09**, Parece ser que los años de permanencia en la ocupación no son determinantes en el mayor o menor incremento de plomo en sangre sin embargo sí se lo considera como un factor asociado . De igual manera sucede con otros trabajos; por ejemplo,

³¹ Ministerio de Salud DIGESA. (1998). *Estudio Preliminar de Plomo Sérico en Lima Metropolitana*.

³² Vigilancia y Control de la Intoxicación por Plomo en los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos en la Ciudad de Arequipa. DIGESA 1997.

³³ Ramos Escalante Carlos David. *Determinación del Plomo Sanguíneo en Policías de Tránsito en Arequipa 1993. Tesis Farmacia y Bioquímica U.C.S.M.*

³⁴ Medina Marcel. *Correlación del Nivel Sérico del Plomo y la Capacidad Intelectual en una Población Escolar de 6 a 7 años del Cercado de Arequipa 1999*. Tesis-Medicina U.C.S.M.

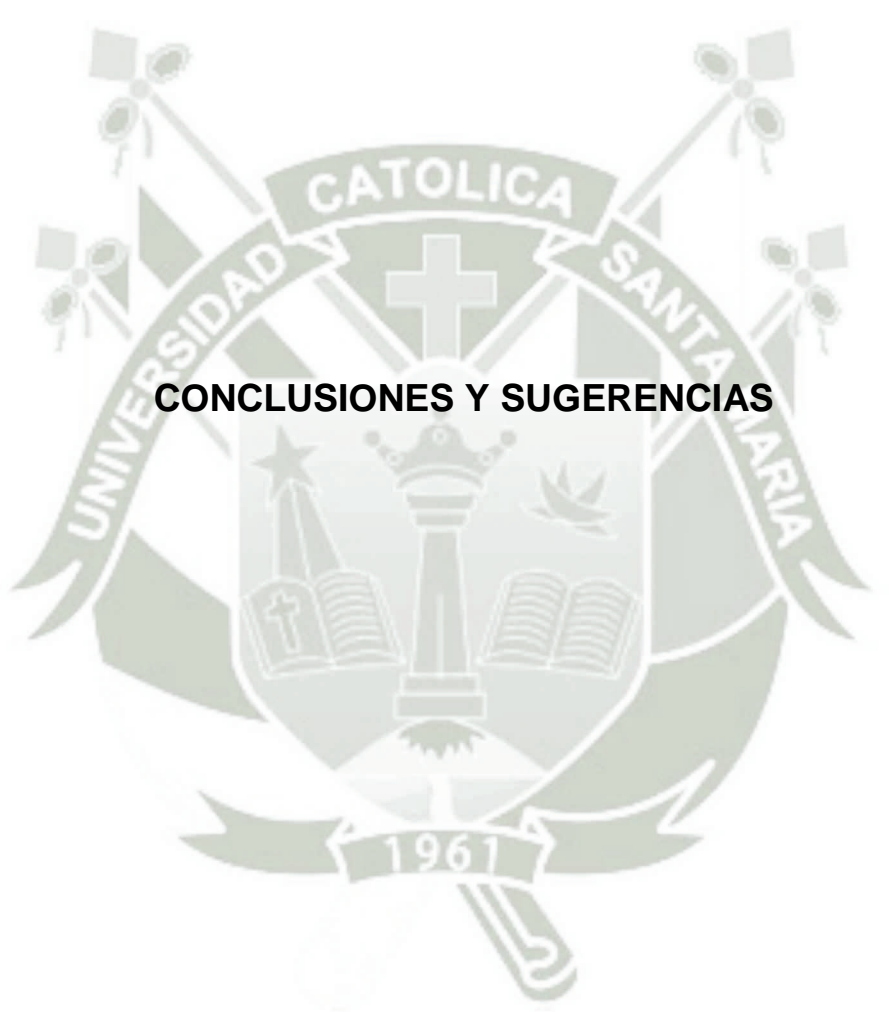
en 1994 en un estudio sobre exposición al plomo en el que se midió el ácido delta-aminolevulínico (AAL-D) como indicador de exposición al plomo, se concluyó que no había una correlación directa entre los niveles de plomo en sangre y el tiempo de exposición³⁵. Igualmente trabajos realizados en trabajadores ocupacionalmente expuestos^{36,37} se concluyó que el tiempo de exposición no es un factor decisivo para suponer o determinar el grado de intoxicación.



³⁵ HUISA TORRES, Juan José. *Niveles de Acido Delta- Aminolevulínico en Intoxicación con Plomo en la Ciudad de Arequipa* Tesis, Bachiller Farmacia y Bioquímica. UCSM. 1998.

³⁶ DÍAZ JARA ALMONTE, Rosina del Carmen. *Estudio de los Niveles de Plomo en Sangre en Ex trabajadores de Minero Perú en la Ciudad de Arequipa* Tesis Bachiller Farmacia y Bioquímica. UCSM. 1997.

³⁷ Vigilancia y Control de la Intoxicación por Plomo en los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos en la Ciudad de Arequipa. DIGESA 1997.



CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

CONCLUSIONES

- Primera:** Las concentraciones de plomo en el aire que circunda las intersecciones de las calles San Juan de Dios con la calle 28 de Julio fue de $0,604 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valores considerados normales de acuerdo a las normas dictadas por la entidad responsable de establecer los estándares de calidad de aire (Dirección General de Salud Ambiental) misma que dictamina como valor referencial para los límites permisibles de plomo en aire en una muestra de 24 horas una concentración máxima de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Segunda:** La concentración promedio de plomo en sangre del personal que labora en el Colegio Sagrados Corazones ubicado entre la intersección de las calles 28 de Julio y la calle San Juan de Dios es de $14,60 \mu\text{g}/\text{dl}$, dicho valor es considerado como valor normal al encontrarse dentro de los límites permisibles para personas ambientalmente expuestas, según lo establecido por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) quien refiere concentraciones sanguíneas normales para este grupo de estudio valores de hasta $20 \mu\text{g}/\text{dl}$ de sangre.
- Tercera:** En lo que se refiere a la relación de influencia de la concentración de plomo ambiental en la calle San Juan de Dios sobre la concentración de plomo sanguíneo no se ha establecido dicha influencia por tanto que ambos valores (Concentraciones de plomo en aire y concentraciones de plomo en sangre) se encuentran dentro de los límites normales en las personas que laboran en el Colegio Sagrados Corazones.

Sin embargo estos hallazgos de valores normales de concentración de plomo en sangre no necesariamente significa que dichas personas no se encuentren cursando con alteraciones fisiológicas subclínicas, así lo afirma la EPA(Environmental Protection Agency) y CDC (Center for Disease Control and Prevention).^{38,39}.

Cuarta: Respecto a la correlación estadística establecida entre las concertaciones de plomo en sangre de las personas objetas de estudio y factores asociados como Edad, Género, Área de Residencia, Años de Residencia, Ocupación, y tiempo de trabajo sólo se ha podido establecer una relación de asociación con relevancia estadística con el factor asociado “Ocupación”, para lo cual nos apoyamos con la prueba estadística de Coeficiente de Correlación de Spearmen ($Rho=0.4$).

³⁸ Criterios de Salud Ambiental 3 Publicación Científica, Núm. 388. 1979.

³⁹ Environmental Protection Agency. Derivados Alquilicos de Plomo: Efectos Sobre la Salud y el Ambiente; Documento Provisional. México, QPS/ECO, 1988.

SUGERENCIAS

- 1) A los maestrandos de nuestra escuela de Post grado se recomienda realizar estudios similares en instituciones educativas localizadas en el centro de la ciudad, donde los niveles de contaminación por tráfico vehicular pueden ser altos, incluyendo en la investigación a los estudiantes quienes se constituyen como las poblaciones de mayor riesgo.
- 2) Al Gobierno Regional de Arequipa, promover programas de salud intersectorial para contrarrestar el posible riesgo de intoxicación por plomo mediante la capacitación y educación del personal y público expuesto, proporcionando información sobre la epidemiología de la exposición al plomo y sus riesgos, en especial en niños.
- 3) Al Ministerio de salud y sus organismos competentes, realizar estudios de investigación a poblaciones expuestas ambientalmente determinando los indicadores biológicos de exposición en dichas poblaciones de estudio estableciendo relación entre los resultados de dichos indicadores con los niveles de plomo encontrados sobretodo en niños.

PROPUESTA DE SALUD AMBIENTAL

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

“MEJORA DE SALUD PARA LOS ALUMNOS Y DOCENTES DE LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL CERCADO DE AREQUIPA EXPUESTOS A CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, NOVIEMBRE 2010 – MAYO 2011”

1.2 UNIDAD FORMULADORA Y EJECUTORA

- Escuela de Post Grado: Maestría en Salud Pública.
- Dirección Regional de Salud Arequipa – Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
- Ejecución y evaluación a cargo del responsable Dr. MVZ. Jorge Gómez Ponce.

1.2.1 PARTICIPACIÓN DE ENTIDADES INVOLUCRADAS Y BENEFICIARIOS

- Municipalidad Provincial de Arequipa
- Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental y su delegado regional La Dirección Ejecutiva de salud Ambiental de Arequipa
- Ministerio de Educación
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- Universidad Católica de Santa María de Arequipa: Escuela de Post Grado

1.2.2. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Escolares, personal docente y administrativo de las diferentes instituciones educativas que se encuentran expuestas y sujetas a estudios , de manera directa, así como la comuna arequipeña en general al conocer los resultados por medios de comunicación adecuados, haciendo hincapié en la problemática de la calidad del aire respirable que nos circunda

II. IDENTIFICACIÓN

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y SUS CAUSAS

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos.

2.1.1. PROBLEMA:

Ahora bien definiremos nuestro problema:

Contaminación del aire por los principales agente tóxicos dañinos para salud, como son Dióxido de Azufre SO_2 , Monóxido de carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Ozono (O_3), Plomo (Pb), Sulfuro de Hidrógeno(H_2S), Hidrocarburos Totales y en general todas las partículas respirables de tamaño de 2.5 micras y las de PM10, entre otros.

A continuación damos algunos alcances como marco de referencia en los que a contaminación del aire se refiere, como una de las causas de contaminación ambiental:

2.1.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE:

El aire es uno de los factores determinantes de la vida en la Tierra. Diariamente todos los organismos dependemos de este cóctel de gases, nuestros pulmones filtran alrededor de 15 Kg. De aire atmosférico al día.

Entonces diríamos que el aire contaminado es la adición dañina a la atmósfera de gases tóxicos, CO, demás gases y metales pesados u otros que afectan el normal desarrollo de plantas, animales y que afectan negativamente la salud pública procedente de fuentes emisoras contaminantes.

Principales contaminantes del aire:

- **Monóxido de Carbono (CO):**
- **Dióxido de Carbono (CO₂):**
- **Ozono (O₃):**
- **Óxido de nitrógeno (NO):**
- **Plomo (Pb)**

2.2 ESTRATEGIAS

1. Se elevará solicitud consensuada por parte de las entidades ejecutoras del Plan de Mejora hacia el Gobierno Regional de Arequipa, Municipalidad Provincial de Arequipa y Gobierno Regional de Salud, adjuntando al presente una copia del Plan de Mejora, cuyo asunto comprendería el Plan de Financiamiento de

los Equipos de detección de contaminación vehicular cuya pro forma está integrada dentro del Plan de Mejora adjuntado.

2. Coordinación estrecha entre la Municipalidad Provincial de Arequipa y la Policía Nacional de Tránsito (POLTRÁN), para ejecutar las respectivas intervenciones vehiculares y determinar su detención y envío al depósito municipal del vehículo contaminante.
3. Coordinación entre la Municipalidad Provincial de Arequipa, la Dirección Regional de Educación de Arequipa (DREA), la Policía Nacional del Perú (PNP), con el fin de realizar cursos de capacitación, concientización y de esta forma sensibilizar a los transportistas de la importancia de la influencia de la contaminación ambiental en la Salud Pública.
4. Establecer coordinación con el personal directivo de las Unidades de Gestión Educativas y directivos de los Centros Educativos.

2.3 OBJETIVO DEL PROYECTO

- **Objetivos Generales:**

1. Mejorar la calidad de vida de los escolares, docentes. y demás personal de los centros educativos expuestos al factor de riesgo.

- **Objetivos específicos:**

1. Adquirir equipos de detección de contaminación vehicular para identificar y medir el problema de contaminación atmosférica.
2. Identificar a los vehículos infractores para su internamiento hasta que se hagan las respectivas mejoras de los mismos y sean aptos para circular.

3. Ejecutar campañas educativas de sensibilización y concientización a los transportistas sobre el perjuicio de la contaminación ambiental en la salud pública.
4. Ejecutar campañas educativas de sensibilización y concientización hacia el educando, educadores y demás personal que laboran en instituciones educativas que estén expuestas al factor de riesgo.

2.4 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Se ve la necesidad de comprometer a diferentes voluntades de participación de la sociedad civil en su conjunto, entidades privadas relacionadas y el Estado, lo cual se constituye en una oportunidad para crear las condiciones necesarias que contribuirán a cumplir con los objetivos y metas establecidas y de esta forma permitir que miles de personas mejoren sus condiciones de vida.

III. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN

3.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Implica principalmente a todas las instituciones educativas que se encuentren expuestas al factor de riesgo como es el aire contaminado, para lo cual incluimos a todos aquellos que se encuentren laborando en el cercado de Arequipa principalmente.

3.2 ANÁLISIS DE LA OFERTA

No existe otra vía de solución al problema puesto que el programa de control de humos no ha resultado ser una solución al problema, sobretodo cuando se sabe que los vehículos muy antiguos y en pésimas condiciones no deciden ir al control de humos pero sin

embargo siguen transitando por la ciudad y ocasionado mayores contaminaciones.

3.3 BALANCE OFERTA DEMANDA

La demanda sobrepasa a la oferta.

3.4 COSTOS

PRESUPUESTO

Consideramos la adquisición de 20 unidades de detección de contaminación.

EQUIPO: DMM-230 para Vehículos diesel y gasolina

Marca: Dekati Mass Monitor (DMM) es un instrumento para mediciones en tiempo real de emisiones vehiculares de material particulado, en el rango 0.03 - 1.5 μm .

El principio de operación está basado en cuatro etapas: carga de partículas, medición de densidad, clasificación por tamaño usando impactadores inerciales (6), y detección eléctrica de partículas cargadas. Incluye software especializado.

Dimensiones (mm): 300(H)x560(W)x420(D); peso: 50 kg

<http://dekati.com/dmm.shtml>

Costo unitario del equipo 5000 \$ Americanos

Costo total de los 20 equipos 100 000 \$ Americanos

3.5 BENEFICIOS

La presente propuesta de ser ejecutada tendrá un alto aporte en beneficio de la salud pública y del medio ambiente, al reducir tanto

el material contaminante en suspensión así como reducir los niveles de plomo y de otros compuestos contaminantes del aire producto de la emisión de gases y partículas sólidas de los vehículos.

3.6 SOSTENIBILIDAD

Se espera que el proyecto sea autofinanciado por la Municipalidad provincial de Arequipa, y la Gerencia Regional de Salud, Gobierno Regional de Arequipa, en coordinación con el Ministerio de Educación

3.7 IMPACTO AMBIENTAL

Definitivamente que la ejecución de propuesta de mejora contribuye de manera positiva a la problemática de la contaminación ambiental pues daría como resultado la disminución de los valores de partículas contaminantes del aire.

IV. CONCLUSIÓN

Podemos concluir que al detener a las unidades vehiculares que se detecten como contaminantes se disminuirá la cantidad de agentes tóxicos ambientales procedente de la emisión vehicular y se obtendrá una mejora en la calidad del aire así como en la calidad de vida de las personas.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

1. Augusto V. Ramírez, Juan Cam Paucar y José M. Medina. (1995). Plomo Sanguíneo en los Habitantes de Cuatro Localidades Peruanas. Prevista Panamericana de Salud Pública 1997.
2. Baader, Ernerts W. Enfermedades Profesionales - Fundamentos Clínicos. Lima 1995. FIMARTS.A. 1er. Vol.
3. Burgos, Gabriel. Ecología y Salud. Texto Básico, de Auto enseñanza. Conceptos Básicos: La Energía, Relaciones de Alimentación, Ciclo Nutrientes, Ecología de Poblaciones, Contaminación Ambiental - Agua - Alimentos - Suelo. México 1998. Edit. McGraw Hill. México.
4. Cárdenas Cisneros, María Ángela. Mesías Barriga Patricia Betsy y Zegarra Ortiz, Carol, Afecciones Respiratorias más frecuentes y Contaminación Ambiental Por Vehículos a Motor en los Colegios Nacionales de Independencia Americana y Francisco Ali Guillen. .Arequipa 1994. Tesis Enfermería. UNAS.
5. Castro, Alaor de Almeid; Costa, Ángela María Ledeira Moreira; Chernicharo, Carlos Augusto de Lemos. Manual de Saneamiento y Protección Ambiental para los Municipios. 1995. 221 p.
6. Center For Disease Control and Prevention.. Enviromental Health, Health Studies Publications. 2000
7. CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGÍA HUMANA Y SALUD. OPS/OMS. Germán Corey O. y Luiz A. C. Galvao, Serie de Vigilancia Epidemiológica Sobre el Plomo. Vol. 8. Editorial de México 1989.
8. Criterios de Salud Ambiental 3 Publicación Científica, Núm. 388. 1979.

9. Díaz Jara Almonte, Rosina del Carmen. Estudio de los Niveles de Plomo en Sangre en Ex trabajadores de Minero Perú en la Ciudad de Arequipa Tesis Bachiller Farmacia y Bioquímica. UCSM. 1997.
10. Environmental Protection Agency. Derivados Alquílicos de Plomo: Efectos Sobre la Salud y el Ambiente; Documento Provisional. México, QPS/ECO, 1988.
11. Escuela de Salud Pública del Perú. Proyectos de investigación en salud pública. Abr. 1985. 79 p.
12. Ferran Ballester Díez, José María Tenías y Santiago Pérez - Hoyos. Efectos de la Contaminación Atmosférica Sobre la Salud. Revista Española de Salud Pública, 1999, volumen 73, núm. 2, págs. 109-121.
13. Finkelman, Jacobo: Corey, Germán; Galvao, Luis Augusto. Reflexiones Sobre Algunos Conceptos de Evaluación de Riesgos Ambientales Para la Salud -ERAS: Una forma práctica de actuar con base en el conocimiento científico disponible. 1992. Pg. 113-119.
14. Guzmán Ana Estudio de la Intoxicación por plomo en Policías de Tránsito de la Ciudad de Arequipa. 1996. Tesis- Facultad de Farmacia y Bioquímica. U.C.S.M.
15. Hernández Ávila M. Y Palazuelos Rendón E. (1995). Intoxicación por plomo en México: Prevención y control. Cuernavaca, Mor.: Instituto Nacional de Salud Pública.. Perspectivas en Salud Pública, núm. 21.
16. Huisa Torres, Juan José. Niveles de Acido Delta- Aminolevulínico en Intoxicación con Plomo en la Ciudad de Arequipa Tesis, Bachiller Farmacia y Bioquímica. UCSM. 1998.
17. Incer, Jaime. Deterioro Ambiental en Centroamérica sobre Ecología y Salud ECOSAL. Memoria. Guatemala. Organización Panamericana de la Salud. Programa Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano

- (MASICA). Comisión Centroamericana.de Ambiente y desarrollo. 1992. p 27-30.
- 18.Jiménez Carlos, Romieu Isabelle, Palazuelos Eduardo, Muños Hilda, Cortéz Marlene, Rivero Araceli, Catalán Jaime (1993). Factores de Exposición Ambiental y Concentraciones de Plomo en Sangre en Niños de la Ciudad de México. Salud Pública de México, noviembre - diciembre, vol. 35 número 6.
- 19.Medina Marcel. Correlación del Nivel Sérico del Plomo y la Capacidad Intelectual en una Población Escolar de 6 a 7 años del Cercado de .Arequipa 1999. Tesis-Medicina U.C.S.M.
- 20.Medina Rodríguez, Marcell. Tesis Medicina UCSM. Correlación del Nivel del Plomo y la Capacidad Intelectual en una Población Escolar de 6 a 7 años del cercado de Arequipa 1999.
- 21.MERCK & COL. El Manual Merck. Pediatría y Genética. Págs. 2349-2352. 9na Edic. Edit. Oceanum/Centrum 1994.
- 22.MINISTEPIO DE SALUD. Dirección General de Salud Arequipa Programa Aire Limpio. 1998.
- 23.Ministerio de Salud DIGESA (1996). Estudio de la Calidad del Aire de la Ciudad de Arequipa.
- 24.Ministerio de Salud DIGESA (1999). Estudio de Plomo en Sangre en Poblaciones Seleccionadas de la Ciudad de Arequipa.
- 25.Ministerio de Salud DIGESA. (1998). Estudio Preliminar de Plomo Sérico en Lima Metropolitana.
- 26.Ministerio de Sanidad y Consumo de España Revista Española de Salud Pública Vol. 73. Núm. 2. 1999.

27. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Enciclopedia de salud y Seguridad en el Trabajo. Edición del Centro de Publicación de la Oficina Internacional del Trabajo. Madrid 1989.
28. MOLINA G. Et a/. Alteraciones Psicológicas en Niños Expuestos a Ambientes Domésticos Ricos en Plomo. Bol. Of Sanit. Panam. 1983,94 (3) 239-247.
29. MOLINA, G. Etal. Concentración de Plomo en Sangre de Niños de Familias Alfareras. Bol. Of Sanit Panam. 1982, 92(1).
30. Nakamura t. Kusata T. Atomic Absorcion Spectrometric Determination of cadmium and lead in Human and Artificial Teeth by Direct Atomization Technique. Analysts Biochemistry; 226"(2):256-262, 1995 Apr.10.
31. NIOSH Manual of Analytical Methods, 2da Ed. Vol.I, P&CAM 208, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-A (1977)
32. NIOSH Occupational Safety And Health. Criterial for a. Recomendend Standart: Occupational Exposure To Inorganic Lead. Washington DC. US. Gobernament Printing Office. 1978. (Publication Núm. 78: 158).
33. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Centro Colaborador de la OMS para la Vigilancia de la Contaminación del Aire. Selección de Procedimientos para Medir la Contaminación del Aire. 1976. Edit. OMS.
34. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Serie de Informes Técnicos. Contaminantes de la Atmósfera. Núm. 271 1974. Edit. OMS.
35. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Serie de Informes Técnicos. Niveles Admisibles de Exposición Profesional a las Sustancias Tóxicas Transmitidas por el Aire, 1969. Núm. 415. Edit OMS.

36. ORGANIZACIÓN PAMÁNERJCAN DE SALUD. Metodología de la Investigación. Manual Para el Desarrollo de Personal de salud. 2 da. Edición. 1994. Edit. OPS.
37. ORGANIZACIÓN PAMERICANA DE SALUD. Publicación Científica Criterios de Salud Ambiental 3, Plomo. Núm. 388. 1979. Edit. OPS.
38. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - Oficina Sanitaria Panamericana- Lima, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Serie Vigilancia Epidemiológica del Plomo. 1989.
39. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Dirección General de Salud Ambiental. Secretaria de Salud. Nuestro planeta, nuestra salud 1993. 100 págs.
40. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Proyecto de salud, Medio Ambiente y Lucha Contra la Pobreza -SMALP. Informe Final de Evaluación 1991-1995.
41. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD. Malaria - Plomo Sanguíneo en habitantes del Perú - Diagnóstico de Hidatidosis - Dengue Hemorrágico -Violencia en Río de Janeiro - Revista Panamericana de Salud Pública. Vol. 1. Núm. 5. 1997. Edit. OPS-US.
42. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD. Publicación Científica Diseño de Programas de Vigilancia al Aire Para Zonas Urbanas e Internacionales Unidad Número 371. 1978.
43. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD. Serie Técnica Ped. Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire 1967 - 1974. Normas Técnicas y Estándares. Edit. OPS.
44. Oyarzún Gómez Manuel. Contaminación Atmosférica Boletín del Hospital San Juan de Dios; 39(5): 245-3, sept-ot 1992.

45. Pineda, Elia Beatriz, De Alvarado, Eva Luz y Francisca H. De Canales ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Metodología de la Investigación. Manual Para el Desarrollo de Personal de Salud. 1994. 1da. Edición. Edit OMS.
46. Puma Pérez Maritza, Quiroz Cornejo Verónica Contaminación por Gases Expedidos por Vehículos a Motor Asociados a la Capacidad Ventilatoria Pulmonar. Arequipa 1997. Tesis Medicina. Edit. UNSA
47. Ramos Escalante Carlos David. Determinación del Plomo Sanguíneo en Policías de Tránsito en Arequipa 1993. Tesis Farmacia y Bioquímica U.C.S.M.
48. Rday Quintanilla Víctor .Niveles de Plomo en Sangre en Niños Procedentes de Colegios de Zona Urbano Marginales y Rurales de la Ciudad de .Arequipa 1999. Tesis.
49. REDA. Red Regional de Agroecología de Arequipa Problemática Ambiental de Arequipa Junio 1996.
50. Revista Panamericana de Salud Pública. Salud Ambiental conceptos y Actividades Volumen 7, núm., 3, Marzo 2000.
51. Rodríguez Cárdenas, Edwin. Estudio Clínico e Histopatológico de Encías en Trabajadores de Baterías por Intoxicación con Plomo en la Ciudad de Arequipa 1999. Tesis Medicina Edit. UNSA.
52. Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias. Contaminación Atmosférica de la Ciudad de Santiago. IX Jornadas de Otoño 6-7 abril. 1990. Revista Médica de Chile. Págs. 913-916.
53. Ticona Gómez Lizbeth. Algunos Factores que Condicionan la Intoxicación por Plomo en Trabajadores que Construyen Baterías en el Distrito de Miraflores -Arequipa 1995. Tesis Enfermería UNSA.

54. Universidad de Chile. Facultad de Medicina Comité de Contaminación. Contaminación Atmosférica e Hídrica y su Repercusión Sobre la Salud Humana. Rev. Méd. Chile; 117(8): 937-8. Ago. 1989.
55. Universidad Nacional de Loja. Metodología de la Investigación en Ciencias de la salud. Módulo 2. Ecuador. 1993
56. Vera Carpio Jaime. Espirometría en Enfermeras Sometidas a Diferente Grado de Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Arequipa. 1986. Tesis, Bachiller de Enfermería.
57. Vigilancia y Control de la Intoxicación por Plomo en los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos en la Ciudad de Arequipa. DIGESA 1997.
58. Wolf F.C. Método Simplificado Para la Determinación de ALA como indicador Biológico de Intoxicación Plúmbica Revista Médica de Chile, 102: 227-231; 1974,
59. Zela Huaquista, Tania Margot Evaluación de la Función Renal en Personas Expuestas Ocupacionalmente al Plomo (1994). Tesis Bachiller Farmacia y Bioquímica UCSM. 1985.
60. Zentenofer. L.J.M., P.L. Jatlow, and A Fappiano. Atomic Absorption. Determination of Lead in Blood and Urine in the Presence of EDTA. J. Lab. Clin. Med.: 78, 664-674. October, 1979



ANEXOS



Anexo 1

Proyecto de Investigación

I. PREÁMBULO

Se ha hablado mucho últimamente sobre saneamiento ambiental en el Perú y mucho más antes en otros países, tal es así que en la conferencia en las Naciones Unidas acerca del medio ambiente y su contaminación, realizada en Estocolmo en 1973 se dieron los primeros pasos para la generación de estadística del medio ambiente, a partir de entonces comenzaron las preocupaciones sobre el medio ambiente, formulando conceptos, metodología, informes estadísticos.

Posteriormente debido a la necesidad Anterior en 1982, en Río de Janeiro donde tuvo lugar la reunión "Cumbre de la Tierra" en la cual fue suscrito el programa de las Naciones Unidas para el desarrollo sustentable, mejor conocido como agenda 21, se discutió con mayor profundidad la importancia de la protección del medio ambiente.

Así en 1987 la Conferencia de las Naciones Unidas para el medio ambiente y el desarrollo planteó la discusión sobre los problemas globales del desarrollo, medio ambiente y desarrollo sustentable, con la consecuente necesidad de tener que contar con información estadística específica que cuantifique y evalúe la evolución de los recursos y el estado del ambiente^{40,41,42}

En el Perú también cobró importancia este tema, tal es así que en 1992 se participó en las reuniones internacionales sobre estadísticas del Medio Ambiente, conjuntamente con México, Chile, Brasil y Bolivia.

⁴⁰ INCER, Jaime. *Deterioro Ambiental en Centroamérica sobre Ecología y Salud ECOSAL*. Memoria. Guatemala. Organización Panamericana de la Salud. Programa Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano (MASICA). Comisión Centroamericana de Ambiente y desarrollo. 1992. p 27-30.

⁴¹ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. *Proyecto de salud, Medio Ambiente y Lucha Contra la Pobreza -SMALP*. Informe Final de Evaluación 1991-1995

⁴² Universidad de Chile. Facultad de Medicina Comité de Contaminación. *Contaminación Atmosférica e Hídrica y su Repercusión Sobre la Salud Humana*. Rev. Méd. Chile; 117(8): 937-8. Ago. 1989.

En Setiembre de 1992 se constituyó en el Perú la Comisión Interinstitucional de Estadísticas del Medio Ambiente (COMIEMA) presidida por el INEI y conformada por 14 organismos gubernamentales y cuatro no gubernamentales^{43, 44, 45}.

El presente trabajo está enfocado específicamente a establecer la ya aparente relación entre lo que implica contaminación que se respira y su repercusión en la salud pública. Pero para ser más preciso en la investigación y más aún por razones de costos del trabajo, se tratará de establecer una relación directa entre la presencia del material metal pesado plomo suspendido en el aire y el intercambio del mismo en el suero sanguíneo.

Pues como es sabido, durante las últimas décadas el parque automotor en nuestra ciudad se ha incrementado, principalmente o en su mayoría por vehículos usados importados, causando un enorme incremento en la contaminación del aire, lo cual a su vez conlleva a un consecuente incremento de la incidencia de asma y otras afecciones respiratorias.

Si bien es cierto los contaminantes de mayor riesgo para la salud de Arequipa son: Material particular en suspensión, sobretudo en la fracción PM 2.5 (que es producido por vehículos diesel del transporte público y de carga, quema abierta de vegetación y basura), sulfato producto de SO₂ en la atmósfera; el monóxido de carbono (CO) producido por vehículos gasolineros, en donde el 60% provienen de taxis; niveles altos de concentración de ozono (O₃) producto de reacciones fotoquímicas, también es cierto que en países subdesarrollados como el nuestro representa un serio problema la

⁴³ INCER, Jaime. *Deterioro Ambiental en Centroamérica sobre Ecología y Salud ECOSAL*. Memoria. Guatemala. Organización Panamericana de la Salud. Programa Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano (MASICA). Comisión Centroamericana de Ambiente y desarrollo. 1992. p 27-30.

⁴⁴ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Centro Colaborador de la OMS para la Vigilancia de la Contaminación del Aire. Selección de Procedimientos para Medir la Contaminación del Aire*. 1976. Edit. OMS

⁴⁵ REDA. Red Regional de Agroecología de Arequipa. *Problemática Ambiental de Arequipa Junio 1996*.

acumulación de partículas suspendidas respirables de plomo ya sea en forma orgánica e inorgánica que en suma es pues una situación que atenta contra la salud pública^{46, 47, 48}.

Por tanto es responsabilidad de las instituciones públicas y privadas asumir acciones ante este gran problema de contaminación del aire que cada vez se hace presente en el daño a la salud de las personas.



⁴⁶ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD. *Publicación Científica Diseño de Programas de Vigilancia al Aire Para Zonas Urbanas e Internacionales* Unidad Número 371. 1978.

⁴⁷ OYARZÚN GÓMEZ Manuel. *Contaminación Atmosférica Boletín del Hospital San Juan de Dios*; 39(5): 245-3, sept-ot 1992

⁴⁸ REDA. Red Regional de Agroecología de Arequipa. *Problemática Ambiental de Arequipa Junio 1996*.

II. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. Problema de investigación

1.1. Enunciado del Problema

“Influencia de la contaminación del aire (plomo) en el suero sanguíneo de las personas que laboran en el C.E.P. Sagrados Corazones, Arequipa 2000”

1.2. Descripción del Problema

a) Área del conocimiento

- Campo: Ciencias de la Salud
- Área: Salud Pública
- Línea: Medio ambiente

b) Operacionalización de Variables

Variable	Indicador
Contaminación del aire por plomo (v. independiente)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Contaminación del suero sanguíneo por plomo (v. dependiente)	$\mu\text{g}/\text{dl}$

c) Interrogantes básicas

1. ¿Cuál es el índice de contaminación por plomo del aire circundante en la calle San Juan de Dios con la calle 28 de Julio $\mu\text{g}/\text{m}^3$?
2. ¿Cuál es el índice de concentración de plomo en el suero sanguíneo de las personas que laboran en el Colegio Sagrados Corazones ubicado en estas intersección en $\mu\text{g}/\text{dL}$?
3. ¿Existe influencia determinante entre la contaminación por plomo del aire circundante en la calle San Juan de Dios con la calle 28 de julio sobre la concentración de plomo en el suero sanguíneo de las personas que laboran en el Colegio Sagrados Corazones?

d) Tipo de investigación

Se trata de un estudio de campo, transversal y observacional.

e) Nivel de investigación:

Relacional.

1.3. Justificación del problema

El presente estudio busca describir una influencia determinante de la contaminación del aire por plomo en la calle San Juan de Dios con la calle 28 de Julio sobre la concentración de plomo en el suero sanguíneo de las personas que laboran en el C.E.P. Sagrados Corazones en la ciudad de Arequipa Abril - Setiembre del 2000.

No se han realizado estudios similares relacionados en nuestro medio, lo que hace que nuestro estudio sea **original**.

Tiene además **relevancia científica**, ya que se aplican principios de alteración fisiológica por un tóxico conocido, con efectos verificables mediante el uso del laboratorio ; tiene además gran **relevancia práctica** que permitirá identificar a las personas afectadas para poder ser tratados si la entidad indicada así lo considere o prevenir de los riesgos para la salud a los potencialmente expuestos; tiene **relevancia social**, ya que la contaminación ambiental afecta no sólo a las personas que laboran en actividades o zonas de riesgo, sino a toda la población en general.

El estudio es **contemporáneo** debido al incremento del parque automotor y al aumento de la contaminación plúmbica procedente de diversas fuentes.

El estudio es **factible** de realizar por contar con los equipos y las facilidades para la determinación del plomo tanto en aire ambiental como en sangre.

Además de satisfacer la **motivación personal** de realizar una investigación en el área de la contaminación ambiental, lograremos una importante **contribución académica** al campo de la salud pública y por el desarrollo del proyecto en el área de postgrado en salud pública, cumplimos con las **políticas de investigación** de la Universidad Católica de Santa María en esta etapa importante del desarrollo profesional.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

1.1.1 Propositiones fundamentales

De acuerdo con la Declaración de Río sobre el medio ambiente y Desarrollo, el integrar las preocupaciones sobre el medio ambiente en el desarrollo, harán posible satisfacer las necesidades básicas, elevar el nivel de vida de toda la población, conseguir una mejor protección y gestión de los ecosistemas y lograr un futuro más seguro y más prospero, así como alcanzar el anhelado Desarrollo Sostenible^{49,50}, pues resultaría imposible el tan solo pensar que una población inmersa dentro de un medio ambiente insalubre pueda ser una población productiva desde diversos puntos; tanto económica, social o cultura, y más aun si partimos de la premisa que para poder producir necesitamos salud y esta no podrá encontrarse en un inmundicia de medio ambiente.

El automóvil, uno de los símbolos más representativos de la modernidad puede servir como metáfora sobre cómo cambia el hombre en su medio ambiente. Los automóviles emiten dióxido de carbono que se suma al crecimiento de los " gases con efecto de invernadero en la atmósfera", óxido de nitrógeno que reacciona en la atmósfera y que luego caen en forma de lluvia acida, óxido de plomo, sulfato de plomo y otros gases y partículas que contribuyen al smog y a la contaminación de nuestro medio ambiente.

⁴⁹ FINKELMAN, Jacobo; COREY, Germán; GALVAO, Luis Augusto. *Reflexiones Sobre Algunos Conceptos de Evaluación de Riesgos Ambientales Para la Salud -ERAS: Una forma práctica de actuar con base en el conocimiento científico disponible*. 1992. Pg. 113-119.

⁵⁰ BURGOS, Gabriel. *Ecología y Salud. Texto Básico, de Auto enseñanza. Conceptos Básicos: La Energía, Relaciones de Alimentación, Ciclo Nutrientes, Ecología de Poblaciones, Contaminación Ambiental - Agua - Alimentos - Suelo*. México 1998. Edit. McGraw Hill. México.

Hoy en día existen en el mundo más de 500 millones de automóviles, cada uno de los cuales quema casi dos galones diarios de combustible. Los automóviles consumen casi la tercera parte de la producción mundial de petróleo. Mientras crezca la población, el número promedio de automóviles por persona irá aumentando tan rápido como la población sobre todo en países desarrollados.^{51, 52, 53, 54}

Algunos calculan que si se mantienen las tendencias actuales, en el año 2025 habrá cuatro veces más automóviles que hoy, es decir 2.000.000.000 de automóviles, que en su totalidad de cada kilogramo de petróleo quemado, alrededor de 80 a 100 gramos son componentes tóxicos. En el caso de gasolina son de 300 a 350 grs. de componentes tóxicos por Kg. El 1% de los componentes tóxicos, tanto de gasolina como de petróleo, es altamente tóxico y/o cancerígeno.

Desde la liberalización del transporte público por el gobierno de turno la contaminación atmosférica en todo el Perú se agravó. Con sus indemnizaciones muchos ex trabajadores se compararon un vehículo para fundar su propia empresa La importación de vehículos usados principalmente del Japón con impuestos bajos, facilitaba el proceso de contaminación atmosférica.

El parque automotor de Arequipa es de alrededor 50000 vehículos., que emiten aproximadamente 330 000 m3 en forma diaria, el venenoso monóxido de carbono (CO), sin

⁵¹ INCER, Jaime. *Deterioro Ambiental en Centroamérica sobre Ecología y Salud ECOSAL. Memoria*. Guatemala. Organización Panamericana de la Salud. Programa Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano (MASICA). Comisión Centroamericana de Ambiente y desarrollo. 1992. p 27-30

⁵² MINISTERIO DE SALUD. Dirección General de Salud Arequipa Programa Aire Limpio. 1998.

⁵³ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Serie de Informes Técnicos. Contaminantes de la Atmósfera*. Núm. 271 1974. Edit. OMS

⁵⁴ PUMA PÉREZ Maritza, QUIROZ CORNEJO, Verónica. *“Contaminación por Gases Expedidos por Vehículos a Motor Asociados a la Capacidad Ventilatoria Pulmonar. Arequipa 1997. Tesis Medicina. Edit. UNSA*

contar la presencia de otros gases como CO₂, óxido de plomo principalmente, compuestos orgánicos volátiles como formaldehído (CH₂O) o Fluorocarbonos (CFC) u otras sustancias como ozono (O₃); todos contaminantes y en su mayoría extremadamente dañinos para la salud pública.

El sistema respiratorio humano tiene varios mecanismos que ayudan a protegerlo contra la contaminación del aire, pero estos mecanismos tienen sus límites. La exposición a los contaminantes puede sobrecargar o deteriorar estas defensas naturales, ocasionando varias enfermedades como cáncer pulmonar, bronquitis crónica y enfisema. Personas de la tercera edad, niños, mujeres embarazadas, y personas con enfermedades del corazón, asma u otras enfermedades respiratorias son especialmente vulnerables a la contaminación del aire.

La inhalación de gases, humos y vapores tóxicos produce diferentes alteraciones a nivel del tracto respiratorio, alteraciones que fundamentalmente dependen de las características físico-químicas del agente (solubilidad), su concentración y tiempo de exposición.

Los efectos de la exposición varían de ligera irritación de la mucosa respiratoria al daño pulmonar masivo. La secuela de la exposición aguda poco se conocen y la importancia de la crónica para alterar la función pulmonar aún no se define.

El compromiso de las vías aéreas altas produce dificultad respiratoria por inflamación y edema, la cual puede ser moderada a complicada dependiendo del tiempo de exposición y por ende el grado de intoxicación. El daño

parenquimatoso se traduce en edema pulmonar e insuficiencia respiratoria.^{55, 56, 57, 58}

Las alteraciones patológicas son producidas por varios mecanismos:

- Por lesión directa a la mucosa o al alveolo,
- Por desencadenar efectos sistémicos,
- Al provocar respuestas de tipo alérgico
- Por asfixia

La inhalación de ozono presente en el smog, fenómeno gravísimo en la ciudad de Arequipa, ocasiona tos, dificultada para respirar, irritación en la nariz y la garganta, aumenta las molestias y agrava las enfermedades crónicas como asma, bronquitis, enfisema y trastornos cardíacos, junto con la inhalación del monóxido de carbono, óxido de plomo, sulfato de plomo (50% de la contaminación atmosférica), los daños aumentan.

Ahora, saneamiento ambiental tal como se entiende, podría definirse como limpieza del ambiente o sanear el ambiente y por tanto esto implicaría reducir los niveles de contaminación ambiental.

Pero, qué es o qué implica medio ambiente, se considera que el campo de lo ambiental abarca el estudio de la relación sociedad/naturaleza, donde las interacciones o intercambios se dan en una cierta dinámica de flujos de energía, información y materia en el espacio denominado

⁵⁵ CASTRO, ALAOR DE ALMEID; COSTA, Ángela María LEDEIRA MOREIRA; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Manual de Saneamiento y Protección Ambiental para los Municipios*. 1995. 221 p.

⁵⁶ HERNÁNDEZ ÁVILA M. Y PALAZUELOS RENDÓN E. (1995). *Intoxicación por plomo en México: Prevención y control*. Cuernavaca, Mor.: Instituto Nacional de Salud Pública. Perspectivas en Salud Pública, núm. 21.

⁵⁷ Revista Panamericana de Salud Pública. *Salud Ambiental conceptos y Actividades*. Volumen 7, núm., 3, Marzo 2000

⁵⁸ Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias. *Contaminación Atmosférica de la Ciudad de Santiago*. IX Jornadas de Otoño 6-7 abril. 1990. Revista Médica de Chile. Págs. 913-916.

asentamiento o ciudad. Es decir un hábitat o una instalación social, organizada que acoge grandes contingentes de población junto con las problemáticas más álgidas en materia ambiental.

Pero al hablar de interacciones o intercambio de flujos de energía, información y materia, esto nos conlleva a observar el estado del aire, contaminado por las emanaciones de gases debido a la combustión del material vegetal energético para cocinar y alumbrado y/o calefacción; de los motores de los vehículos de transporte y de las fábricas, distribución y calidad del agua, distribución y calidad de los alimentos, la acumulación y disposición de residuos sólidos y tóxicos y de las aguas residuales.

Pero como el presente trabajo no tiene semejante dimensión como la evaluación del medio ambiente sino mucho más concreto e importante a la vez, el determinar los niveles del material pesado plomo en el aire y su acumulación en la sangre de personas ambientalmente expuestas, pues resultaría muy importante tener una idea acerca de cómo es la contaminación del aire porque en sus fases de emisión, concentración, sedimentación y exposición afecta a los seres humanos, plantas y animales.

La contaminación del aire generalmente se puede determinar a través de la concentración de elementos contaminantes presentes en un periodo de tiempo determinado y esto es debido a contaminantes como resultado de una serie de actividades humanas como el transporte, la industria, generación de energía eléctrica, entre otras.^{59, 60, 61}

⁵⁹ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE SALUD. *Serie Técnica Ped. Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire 1967 - 1974. Normas Técnicas y Estándares*. Edit. OPS.

⁶⁰ MERCK & COL. *El Manual Merck. Pediatría y Genética*. Págs. 2349-2352. 9na Edic. Edit. Oceanum/Centrum 1994

⁶¹ NIOSH Occupational Safety And Health. *Criterial for a. Recomendad Standart: Occupational Exposure To Inorganic Lead*. Washington DC. US. Gubernament Printing Office. 1978. (Publication Núm. 78: 158).

2.2 ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS DEL PLOMO

El plomo se encuentra en forma natural en la **corteza terrestre** de un modo relativamente abundante, aproximadamente en un promedio de **16mg/Kg**. El metal se produce primariamente por fundición del mineral, la producción mundial minera es de 3 300 toneladas/año; América Latina produce el 14% de este total, siendo los más importantes productores Perú (212 600 ton/año) y México (184 251 Ton/año) la tendencia al incremento en la producción y consumo de .América Latina ha aumentado el riesgo de exposición y de daños en la salud de la población. Pero sin duda la actividad humana en relación al plomo ha llevado a través de los tiempos a crecientes descargas de dicho metal hacia los diferentes componentes ambientales aumentando y diversificando a la vez las condiciones de exposición a niveles cada vez más altos de dicho metal en el ambiente.

El plomo es usado en numerosos tipos de industrias y actividades, siendo las más importantes las industrias de baterías; pigmentos para pinturas, alfarerías, cables y productos químicos; además como tetra metilo y tetra etilo de plomo; que se usa extensivamente como antidetonante en la gasolina

El plomo está presente en la dieta y en el ambiente humano pues se ingieren unos 200 a 300 microgramos diarios sin que ello cause daño conocido. Las concentraciones sanguíneas aparecen más elevadas en hombres que en mujeres, en áreas urbanas que en rurales, por la mayor contaminación del ambiente urbano y también son más elevadas entre fumadores comparados con no fumadores, tanto por el daño respiratorio inducido por el cigarrillo como por el contenido habitual de plomo que como contaminante tiene tabaco.

El daño en el ser humano se centra en varios sistemas siendo los más importantes: nervioso, hematopoyético, urinario, gastrointestinal, renal, reproductivo y endocrino.^{62,63,64}

2.2.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

El plomo en su forma natural tiene poca importancia como fuente de contaminación del ambiente, lo más frecuente es que la contaminación del medio con plomo sea producido por actividades humanas en la minería y en la industrial y por la combustión en los vehículos automotores.

Para una mayor comprensión se va a dividir las fuentes de contaminación en dos grupos: fuentes del ambiente ocupacional y fuentes del ambiente general.

El plomo contaminante del ambiente general corresponde así en su totalidad a formas inorgánicas del metal, pero pueden existir cantidades de plomo orgánico derivado de la combustión de la gasolina que producen compuestos de metilo de plomo.

2.2.1.a. Fuentes de contaminación en el ambiente ocupacional

Se considera a todos aquellos individuos expuestos ocupacionalmente a un ambiente contaminante que a la vez es responsable en gran parte de la contaminación del ambiente general, lo que determinará en gran medida a la exposición a la que estará sometida la población en general. Estos individuos también están expuestos al ambiente general, además representa una fuente de contaminación

⁶² BAADER, ERNERTS W. *Enfermedades Profesionales - Fundamentos Clínicos*. Lima 1995. FIMARTS.A. 1er. Vol.

⁶³ ORGANIZACIÓN PAMERICANA DE SALUD. *Publicación Científica Criterios de Salud Ambiental 3, Plomo*. Núm. 388. 1979. Edit. OPS.

⁶⁴ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - Oficina Sanitaria Panamericana- Lima, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Serie Vigilancia Epidemiológica del Plomo. 1989

importante para su hogar ya que transportan el plomo presente en sus ropas afectando principalmente a los niños que presentan una mayor susceptibilidad a la intoxicación. Ente las Fuentes de contaminación ocupacional tenemos:

a) Minería: Las actividades de la minería se puede considerar como la fuente de exposición más evidente, generalmente bajo la forma de sulfuro de plomo, los cuales son insolubles y por lo que solo tienen importancia por la posibilidad de ser ingeridos, con una absorción digestiva moderada. El individuo de mayor exposición a parte de los mineros es aquel que se enfrenta al proceso de fundición del plomo ya que durante la fundición el plomo es calentado, desprendiendo vapores con partículas de tamaño respirables ($< 5 \mu\text{g}$) imponiendo al ambiente concentraciones altas de plomo, tales como 200 a 300 micro gramos por m^3 de aire.^{65,66}

b) Industria: Son muy diversas las actividades industriales que tiene que ver o que están involucradas como fuentes de contaminación, ya sea como componente de materia prima, como es el caso del las industrial de batería, pigmentos y cables, o como parte de los subproductos del proceso como es el caso de la imprenta y uso de soldadura, llegando incluso a encontrar niveles de $100 \mu\text{g}$. gramos plomo por m^3 en estos ambientes.

⁶⁵ RODRÍGUEZ CÁRDENAS, Edwin. *Estudio Clínico e Histopatológico de Encías en Trabajadores de Baterías por Intoxicación con Plomo en la Ciudad de Arequipa 1999*. Tesis Medicina Edit. UNSA

⁶⁶ JARA ALMONTE, Rosina del Carmen Díaz. *Estudio de los Niveles de Plomo en Sangre en Ex trabajadores de Minero Perú en la Ciudad de Arequipa* Tesis Bachiller Farmacia y Bioquímica. UCSM. 1997.

Entre las industrias de mayor riesgos por la presencia del plomo según su rama o tipo tenemos las siguientes áreas: alfarería (vidriado), antidetonantes para gasolina, baterías (acumuladores), coberturas de cable, construcción: cañerías, otros, imprenta, municiones, pigmentos para pintura, productos de acero, elementos para protección contra radiaciones, tubería de plomo.

2.2.1.b. Fuentes de Contaminación en el Ambiente General

El ambiente general es fundamentalmente contaminado por actividades antropogénicas. El mecanismo primario a través del cual se produce esta contaminación, lo constituye la emisión hacia el aire del metal o sus componentes.

Las principales fuentes antropogénicas que contaminan el ambiente humano son: primero, la combustión de gasolina que contiene aditivos de plomo, que en general representa el primer lugar con un alto porcentajes. En segundo lugar de importancia la fundición primaria del plomo, combustión de residuos sólidos, corrosión de tuberías, etc.

1. **Aire:** La mayor importancia que adquiere las partículas de plomo en aire es por la facilidad con que puede penetrar por la vía respiratoria y ser absorbido por el organismo el plomo en forma de partículas finas. No se sabe mucho sobre la forma química más importante en que el plomo se presenta en el aire, se ha determinado la presencia de sustancias como haluros, óxidos, sulfatos y carbonates de plomo.

Las emisiones antropogénicas de plomo hacia el aire (fundiciones, industrias y vehículos motorizados) son la causa más importante de contaminación, y por lo general

son al menos unas 20 veces mayor que las emisiones naturales ya que el plomo de la corteza terrestre no tiene importancia en la contaminación en forma natural del aire. Alrededor del 50% o más del plomo emitido al aire por fuente antropogénicas, corresponde el proveniente de vehículos automotores (gasolina con aditivos de plomo)

Las concentraciones de plomo en el aire de algún lugar particular van a depender tanto del tipo, de la extensión y distribución de las fuentes emisoras así como de las condiciones naturales de dispersión, (condiciones meteorológicas).

Así por ejemplo en regiones rurales alejadas de centros urbanos se encuentran valores de alrededor de $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$, y en áreas cercanas a ciudades $0.21\mu\text{g}$ por m^3 , y en ciudades con actividad industrial y vehicular importante fluctúan entre 1 y $10\mu\text{g}$ por m^3 . En calles urbanas de alto tránsito los valores pueden sobrepasar los $10\mu\text{g}$ por m^3 , y zonas vecinas a fundiciones el aire puede llegar a contener sobre $100\mu\text{g}$ por m^3 , es decir las concentraciones de plomo en el aire varían significativamente de acuerdo con la distancia de la fuente contaminante.

El aire representa para un ambiente urbano en promedio un aporte de 6 a $9\mu\text{g}$ por m^3 , de plomo a su organismo.

2. **Agua:** En estudios sobre vigilancia epidemiológica del plomo por el Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud agrega que en áreas no contaminadas el agua contiene concentraciones bajas de plomo de $1\mu\text{g}$ por litro en aguas superficiales y alrededor de $8\mu\text{g}$ por litro, en los ríos siendo más baja las concentraciones en el agua de

mar que en ríos y lagos y más bajas aún en cuanto a su profundidad y agua subterráneas.

El agua al igual que el aire se transforma en una fuente de contaminación para flora y la fauna acuática y para el hombre en la medida que sea contaminada por actividades antropogénicas las concentraciones de plomo en agua potable también han variado mucho pues se han verificado niveles de 3, 7 hasta 139 μ g por litro sobrepasando en ocasiones el límite de 50 μ g por litro establecido por la OMS.

La exposición del plomo a través del agua es sin embargo mínima sobre todo cuando se trata de agua potable debido a que el plomo en parte removido por las plantas convencionales de tratamiento de agua potable, detectándose solo niveles elevados de plomo en la red, en tanque de almacenamiento en el caso de aguas blandas y de PH bajo que son habitualmente resultado de la corrosión sobre estas estructuras cuando han sido elaborado con plomo.

Sin embargo a pesar de constituirse la ingestión de plomo por alimentos una fuente de importancia en cuanto a magnitud de ingestión del metal, hoy se sabe que alrededor del 90% de plomo ingerido es eliminado por las heces, por tanto la importancia de la ingestión de plomo es significativa solo cuando existe un muy alto índice de contaminación ambiental que repercuta en los alimentos.

3. **Tabaco:** Cada cigarrillo puede contener de 2 hasta 12 μ g de plomo y aunque gran parte se elimina en la combustión, se inhala un 2% lo que equivale a una absorción diaria de 1 a 5 μ g de plomo por el organismo, fumando 20 cigarrillos por día.

4. Otras fuentes: Existen otras fuentes de importancia aunque no afecten sectores grandes de la población son por ejemplo elevadas concentraciones de plomo en el Whisky destilado ilegalmente, los recipientes de cerámica inadecuadamente barnizados, el uso como combustible de baterías desechadas, algunos cosméticos, impresiones en color de grabados y las ropas de personas que trabajan con plomo.

En el caso específico de los trabajadores de plomo la contaminación de las manos y la manipulación de cigarrillos y alimentos representan una exposición adicional importante al metal.^{67, 68, 69, 70}

2.2.2. POBLACIONES EXPUESTAS

Al plomo no se le reconoce como instrumento esencial para la actividad de los sistemas biológicos y la idea general es que la exposición a este metal debe ser siempre la menor posible. Los compuestos que se presentan como polvos, humos, nieblas o vapores tienen trascendencia en cuanto a exposición directa por la vía respiratoria sobre todo para poblaciones generales, mientras que los compuestos orgánicos tienen interés en ambientes laborales y por su alta posibilidad de absorberse por la piel, siendo en cambio prácticamente nula la absorción dérmica de los compuestos inorgánicos.

⁶⁷ BAADER, Ernerts W. *Enfermedades Profesionales - Fundamentos Clínicos*. Lima 1995. FIMARTS.A. 1er. Vol.

⁶⁸ MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. *Enciclopedia de salud y Seguridad en el Trabajo*. Edición del Centro de Publicación de la Oficina Internacional del Trabajo. Madrid 1989.

⁶⁹ ORGANIZACIÓN PAMERICANA DE SALUD. *Publicación Científica Criterios de Salud Ambiental 3, Plomo*. Núm. 388. 1979. Edit. OPS.

⁷⁰ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - Oficina Sanitaria Panamericana- Lima, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Serie Vigilancia Epidemiológica del Plomo. 1989

Existen dos tipos de poblaciones expuestas.

Los ocupacionalmente expuestos y los ambientalmente expuestos.

2.2.2.a. Exposición Ocupacional

Los podemos describir como aquellos trabajadores que están rutinariamente en contacto en su lugar de trabajo con plomo o sus compuestos.

Los trabajadores que participan en la extracción, fundición o elaboración de artículos que contienen plomo o sus compuestos están compuestos como expuestos ocupacionalmente y el riesgo máximos es para quienes laboran con el plomo calentado a altas temperaturas, debido al desprendimiento de humos y vapores, en este sentido en el ambiente ocupacional la vía respiratoria es la principal vía de absorción.

2.2.2.b. Exposición Ambiental

La exposición ambiental general está íntimamente relacionada con la contaminación del medio por actividades industriales y mineras y por la combustión de motores de gasolina que contienen aditivos de plomo.

La población general está expuesta al plomo mediante la contaminación con éste del aire, agua, suelos y alimentos y, además, por el tabaco y otras fuentes.

No obstante la vía de exposición más importante en la población general es la digestiva mediante por ejemplo en el ambiente doméstico de pintura, bebidas de fabricación clandestina, ropas contaminadas, cerámicas vitrificadas, alimentos enlatados, etc.

En general este tipo de población está expuesta más permanentemente a los compuestos inorgánicos del plomo que a sus derivados orgánicos ya que los primeros se encuentran en mayor cantidad que los últimos. De este modo se estima que la exposición general a compuestos orgánicos de plomo no tiene la importancia que tiene la población ocupacionalmente expuesta.

La exposición no ocupacional se puede darse de las siguientes maneras:

- i) **Por vecindad a fuentes:** Residentes en áreas vecinas a fuentes mineras o industriales debido a la contaminación del ambiente exterior inmediato por sus emisiones, especialmente en el aire. Se ha establecido como zona de alto riesgo aquella situada dentro de un radio de 1 a 2 Km. de la fuente.
- ii) **Por contacto con trabajadores expuestos:** Principalmente por el transporte de partículas de plomo en la ropa de trabajo u otros elementos hacia el hogar. Siendo una fuente de exposición para nuestros familiares por ejemplo de alfareros y mineros.

iii) Por inhalación del aire exterior contaminado:

Sobre todo en lugares con tránsito intenso de vehículos, con grandes carreteras e intersecciones viales congestionadas estando estas poblaciones con riesgo de inhalar cantidades elevadas de plomo, por la combustión de aditivos de plomo en la gasolina.

iv) Por ingestión de alimentos contaminados: Es variable según el tipo de alimento, tecnología del enlatado, vasijas usadas y según el grado de contaminación. Entre los principales tenemos:

- iv.a) Personas residentes en zonas cercanas a fuentes mineras o industriales emisoras de plomo.
- iv.b) Residentes vecinos a vías o carreteras con alto tránsito vehicular.
- iv.c) Pobladores de regiones donde exista minería de plomo.
- iv.d) Personas oriundas de regiones donde haya contaminación elevada del ambiente por plomo.
- iv.e) Pobladores de regiones urbanas con alto desarrollo industrial y del parque vehicular
- iv.f) Familiares de trabajadores de industrial que utilizan plomo.

Podemos comentar al anterior que existen diferencias significativas en cuanto a exposición, entre diversos grupos de la población en general, especialmente condicionadas por el factor edad y por el factor estado nutricional. No obstante, la información más actualizada sobre el

comportamiento del plomo en el ambiente y la toxico cinética de plomo en el organismo humano ha llevado a concluir que los niños en especial los menores de 6 años se ha constituido los grupos con condiciones de exposición de alto riesgo. Los niños captan más plomo sobre una base de unidad de peso corporal, absorben más plomo tanto a nivel digestivo como a nivel respiratorio y también retienen una mayor proporción de plomo absorbido, por tanto el niño representa la etapa del desarrollo metabólicamente más vulnerable del ciclo vital ante los efectos del plomo, especialmente respecto a los sistemas nerviosos y óseo; está demostrado según la CDC, que por cada 1 $\mu\text{g/dL}$ que se eleva en sangre en niños con niveles de plumbemia entre 5 y 25 $\mu\text{g/dL}$, produce una caída del coeficiente mental de 2-4 puntos.

Por último las condiciones de insuficiencias nutricionales, tan frecuentes y extendidas en las poblaciones infantiles de bajo nivel económico en los países en vía de desarrollo se han constituido el principal grupo de riesgo en América Latina.

La exposición de la mujer embarazada es importante en la medida que contribuye el alto riesgo para el niño en cuanto a una exposición temprana de un organismo en gestación con alta susceptibilidad a la toxicidad del plomo puesto que el plomo es capaz de pasar por la barrera placentaria ^{71, 72, 73,74}

⁷¹ Baader, Ernerts W. Ob. Cit.

⁷² Incer, Jaime. Ob. Cit. p 27-30.

⁷³ Ministerio de Sanidad y Consumo de España Revista Española de Salud Pública Vol. 73. Núm. 2. 1999.

⁷⁴ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - Oficina Sanitaria Panamericana- Lima, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Serie Vigilancia Epidemiológica del Plomo. 1989

2.3 TÓXICO CINÉTICA DEL PLOMO ^{75, 76, 77, 78, 79,80}

2.3.1 ABSORCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y ELIMINACIÓN

El plomo es absorbido por inhalación, por ingestión y a través de la piel. La vía de ingreso, el tamaño de la partícula y el tipo de compuesto del plomo (orgánico o inorgánico) determinan la concentración y la posibilidad de difusión del plomo hacia el organismo. Además de esto la absorción del plomo depende de factores propios del organismo, tales como la edad, estado fisiológico y la integridad de los tejidos.

En la inhalación del plomo ambiental, según un modelo sobre dinámica pulmonar, un 35% de plomo inhalado sea este orgánico e inorgánico se deposita en las vías aéreas.

Después de la deposición el plomo en la nasofaringe, la tráquea, los bronquios y los alvéolos, parte de las partículas inhaladas ascienden por acción de los cilios pasa al esófago y se absorbe parcialmente en el tracto intestinal. Las partículas restantes que llegan a los alvéolos son absorbidas y pasan a la sangre.

El tránsito a través de las vías broncopulmonares depende del tamaño de las partículas y de la solubilidad del compuesto inhalado. Las variaciones fisiológicas y anatómicas de los individuos también influyen en este proceso.

⁷⁵ Baader, Ernerts W. Ob. Cit. 1er. Vol.

⁷⁶ CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGÍA HUMANA Y SALUD. OPS/OMS. Germán Corey O. y Luiz A. C. Galvao, Serie de Vigilancia Epidemiológica Sobre el Plomo. Vol. 8. Editorial de México 1989

⁷⁷ Environmental Protection Agency. *Derivados Alquilicos de Plomo: Efectos Sobre la Salud y el Ambiente*; Documento Provisional. México, QPS/ECO, 1988.

⁷⁸ MOLINA G. Et al. *Alteraciones Psicológicas en Niños Expuestos a Ambientes Domésticos Ricos en Plomo*. Bol. Of Sanit. Panam. 1983,94 (3) 239-247.

⁷⁹ NIOSH Occupational Safety And Health. Criterial for a. Recomendend Standart: Occupational Exposure To Inorganic Lead. Washington DC. US. Governament Printing Office. 1978. (Publication Núm. 78: 158).

⁸⁰ WOLF F.C. *Método Simplificado Para la Determinación de ALA como indicador Biológico de Intoxicación Plúmbica* Revista Médica de Chile, 102: 227-231; 1974,

En cambio, la absorción del plomo depositado en las vías respiratorias es rápida, extensiva y prácticamente total siendo un proceso independiente de la forma química del compuesto de este metal; el daño en la mucosa y en los alvéolos producidos por el hábito prolongado de fumar facilitan el paso de plomo hacia la sangre, se estima que una concentración de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ de plomo en el aire inhalado determina una concentración de 1 a 2 μg por 100ml en la corriente sanguínea. Las partículas que no son absorbida, digerida ni eliminadas en la secreciones van a constituir depósito de plomo en el árbol respiratorio, que es eliminado por la acción de cilios y macrófagos, solo entre 35 a 50% del plomo que alcanza al tracto respiratorio inferior es absorbido y pasa al torrente sanguíneo,

La tasa de absorción a nivel intestinal es igualmente independiente de la forma química del compuesto de plomo; sin embargo los compuesto orgánicos son los que se absorben más extensivamente.

En niños, principalmente lactantes, la contribución de plomo ingerido al plomo sanguíneo es más elevada que en adultos llegando a ser la absorción del plomo ingerido alrededor del 50% en niños mientras que en adultos aproximadamente el 10%; sin embargo, tanto en niños como en adultos estos porcentajes pueden incrementarse tanto en adultos como en niños debido a una dieta pobre en calcio, hierro o proteínas.

La absorción cutánea solo tiene importancia ante el contacto con compuestos orgánicos de plomo lo cual ocurre en población ocupacionalmente expuesta pudiendo ser una absorción diaria de 150 a 300 μg la cinética de la distribución y acumulación del plomo no se ha definido en el hombre con precisión directamente. A partir de datos de autopsia se sabe que el plomo tiene una fuerte tendencia al localizarse y acumularse en los huesos lo cual refleja

una exposición humana acumulativa a largo plazo. El contenido de plomo en los huesos representa aproximadamente el 90% del contenido total corporal del metal estimado entre 100 a 400 mg por algunos autores, mientras que el contenido en la sangre y en los tejidos blandos reflejan una exposición reciente continúa.

El mecanismo tóxico del plomo está dado por 3 modalidades una es compitiendo con los metales esenciales especialmente el calcio y el cinc en sus sitios de inserción otra es mediante su afinidad por los grupos sulfhídricos. (SH) de las proteínas lo que significa alteración de la forma y de la función de ellas, por tanto inhibe la capacidad del organismo para producir hemoglobina y citocromos pues está interfiriendo con los grupos sulfhidros en la vía metabólica del grupo HEM, ocurriendo por tanto las alteraciones fisiológicas en el organismo, muy generalizadas, finalmente, actúa alterando el transporte de los iones esenciales.

El plomo traspasa fácilmente la placenta y su concentración en la sangre del recién nacido por tanto en estudios recientes se ha encontrado niveles de plomo en el feto con valores similar al de la madre. También traspasa la barrera cerebral, pero el cerebro no acumula plomo de manera significativa, sin embargo la vida media del plomo en el cerebro es de 35 días.

El plomo inorgánico se acumula preferentemente en los huesos y luego especialmente en el hígado, riñones y músculos estriados. Los compuestos orgánicos como tetrametilo y tetraetilo de plomo, tienden a acumularse en el hígado.

La eliminación del plomo ingerido se hace principalmente por las heces (85-90%), como reflejo de la pobre absorción a nivel intestinal. En cambio la eliminación del plomo ya absorbido por el organismo se hace principalmente a través de la orina (75%), por las secreciones gastrointestinales (16%) y por cabello, uñas y

sudor (8%) pero el plomo también es excretado a través de la leche con un aproximado de 1 a 2µg por litro de leche habiéndose encontrado en algunos casos hasta 11µg por litro de leche.

La vida media del plomo en el organismo es en general larga y variable según los tejidos; es casi imposible determinar la tasa de eliminación debido a que existen reservorios movilizados del tejido óseo. Lo que es evidente es que la eliminación de la mitad de la carga corporal del plomo llevaría años.

Sin embargo de acuerdo a los estudios e investigaciones se puede establecer ciertas guías que indican que la vida media del plomo en sangre es de 35 días, en órganos blandos entre 20-30 días, huesos entre 5-30 años, y finalmente cerebro 35 días en niños sobretodo.

2.3.2 BIOACUMULACIÓN

La absorción y acumulación del plomo en ciertos animales y plantas son de gran importancia por el peligro que la infección frecuente y prolongada de estos por el hombre puede significar en una posible intoxicación por este mecanismo. Es de especial interés la acumulación de compuestos orgánicos de tipo alquílico en organismos acuáticos. El general el plomo puede acumularse en una gran variedad de organismos.

2.3.3 INTERACCIÓN CON OTRAS SUSTANCIAS

No se reconoce al plomo un papel de elemento esencial para el funcionamiento de los sistemas biológicos.

A nivel intestinal el plomo utiliza los mismos mecanismos de absorción del calcio; por tanto las cantidades de calcio en la dieta

influyen en la absorción del plomo en el sentido que dietas ricas en calcio restringen la absorción intestinal del plomo y viceversa.

Las deficiencias de hierro y calcio en el organismos hacen más evidentes, respecto a la anemia los efectos del plomo en él. Esas deficiencias asociadas a una dieta rica en vitamina D o en lípidos, pueden favorecer la absorción del plomo en el tracto digestivo.

Se ha comprobado un efecto antagónico del cinc con la depresión de la actividad de la enzima deshidratasa del ácido delta aminolevulinico (AAL-D), causada por el plomo.

El plomo inhibe la capacidad del organismo para producir hemoglobina y citocromo (importantes para metabolizar fármacos y sustancias químicas) al interferir en varios pasos enzimáticos de la ruta del grupo HEM.

Inhibe la enzima D-ALA deshidratasa, lo que hace que se eleve el ácido delta aminilevulínico (D-ALA) el mismo que es precursor de las porfirinas (sustancias tóxicas que producen trastornos metabólicos), produce incremento de las protoporfirinas eritrocíticas (ayudan a formar muchas sustancias como el grupo HEM).

2.3.4 CLÍNICA DE LAS INTOXICACIONES

La clínica de las intoxicaciones por plomo es variable, según la vía de ingreso, la cantidad absorbida, el tiempo de exposición y las características propias del individuo expuesto. Además, tiene relación con el tipo de exposición, ocupacional o no ocupacional.

Debido a la variedad de inespecificidad de los síntomas y signos de la intoxicación plúmbica, el identificar un cuadro clínico propio resulta difícil en ausencia del dato sobre exposición al plomo, las intoxicaciones que se pueden presentar en la población general,

salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas, por lo general suelen ser de carácter crónico. En la población ocupacional es frecuente encontrar tanto intoxicaciones agudas como crónicas muy características, la intoxicación crónica constituye en resumen la situación más frecuente y con mucha probabilidad, el problema epidemiológico de mayor importancia en salud pública.

A continuación se redacta algunos de los principales lugares en el organismo donde tiene acción tóxica el plomo:

2.3.4.a. Sistema nervioso central

Los efectos del plomo sobre el encéfalo están mucho más relacionados con el saturnismo infantil que con las intoxicaciones en los adultos. Factores de orden genético, nutricional, económico, social y familiar interfieren en la correcta interpretación de los efectos psicológicos, conductuales y de aprendizaje en niños, causados por concentraciones de plomo en sangre, tan bajas como $10\mu\text{g}/100\text{ml}$.

En la exposición prolongada al plomo pueden observarse efectos adversos irreversibles por lo general denominado encefalopatía plúmbica, cuyos síntomas y signos varían desde cambios psicológicos o conductuales sutiles hasta alteraciones neurológicas graves. También varían según sean compuestos inorgánicos u orgánicos del plomo.

a) Compuestos inorgánicos del plomo

Entre las principales características de la encefalopatía tenemos: embotamiento, desazón, irritabilidad, vértigo, cefaleas, visión doblada, temblor

muscular, alucinaciones, pérdida de la memoria y pérdida de la capacidad de concentración. Los casos graves pueden presentarse como manías, convulsiones, parálisis y coma. En niños es característico la aversión en el desarrollo psicomotor, tales como: el control de esfínteres y la coordinación psicomotriz. En sí las lesiones en el sistema nervioso central se producen en el nivel histológico y pueden tomarse, Irreversibles.

b) Compuestos orgánicos del plomo

Con éstos compuestos la intoxicación es algo diferente, predominando un cuadro psiquiátrico. Los síntomas agudos más frecuentes son alucinaciones, temblor, delirio, insomnio, cefaleas y cambios bruscos de humor. El cuadro crónico se presenta con anorexia, náuseas, cefaleas, sudoración, hipotermia, irritabilidad, hipertonía de músculos faciales

Aunque los compuestos alquílicos del plomo presentan mayor letalidad que los inorgánicos, la recuperación de los sobrevivientes es bastante completa.

2.3.4.b Sistema nervioso periférico

El plomo inorgánico produce efectos adversos en el sistema nervioso periférico, tanto en su estructura como en la actividad colinérgica del nervio. El daño en los nervios motores es la característica más importante, manifestándose en parálisis saturnina cuya característica

es debilidad de los músculos extensores, en especial los más utilizados por el individuo.

Este daño es neurofisiológicamente detectable y en forma precoz, mediante la medición de la disminución en la velocidad de conducción motriz, lo que comienza a detectarse a partir de una concentración de plomo de $30\mu\text{g}/100\text{ ml}$ en niños. Se han descubierto también otros síntomas como hiperestesia, analgesia, dolores musculares, calambres y anestesia de zonas afectadas.

2.3.4.c Sistema urinario

Entre las principales lesiones en el riñón podemos encontrar lesión tubular renal, fibrosis peritubular e intersticial difusa denominándose estos signos como nefropatía saturnina crónica. Sobre todo en trabajadores de exposición prolongada al plomo.

Las manifestaciones clínicas suelen ocurrir mucho tiempo después de terminada la exposición al plomo.

Se ha determinado que concentraciones habituales de plomo en sangre superiores a $70\mu\text{g}/100\text{ ml}$ pueden provocar nefropatía crónica irreversible.

2.3.4.d Sistema gastrointestinal

El síntoma más característico es el cólico que muchas veces se presenta con características propias de la intoxicación.

También se han descrito otras manifestaciones como pérdida de apetito, constipación, diarrea, náuseas, vómitos, sabor metálico en la boca, dolor abdominal e ictericia.

2.3.4.e Sistema cardiovascular

Hay evidencias fehacientes últimamente que concluyen respecto a asociar elevados niveles de plomo en el organismo con la elevación de la presión arterial en adultos, especialmente trabajadores. No obstante a la fecha, parece que la contribución del plomo al fenómeno general de la hipertensión arterial sería menor en comparación con otros factores hipertensógenos tradicionalmente conocidos.

Igualmente se han observado anomalías electrocardiográficas y miocarditis, aunque en estos casos no se haya dispuestos de datos concluyentes sobre un efecto cardiotóxico directo del plomo ni sobre la relación dosis-efecto.

2.3.4.f Sistema reproductor

Se han descrito en la mujer efectos como abortos, disfunción ovulatoria, mortinato parto prematuro y esterilidad; y en el hombre, astenospermia, hipospermia y teratospermia.

2.3.4.g Sistema Endocrino

Hay evidencias de que saturnismo puede determinar deterioro de las funciones de la tiroides y de las suprarrenales, aunque faltan estudios concluyentes este respecto

2.3.4.h Articulaciones

Se caracteriza por las artralgias a consecuencia de una gota secundaria debido a que el plomo interfiere en la enzima aminohidrolasa de gúarina lo que elevaría las concentraciones de ésta en el organismo, cristalizándose y depositándose en las articulaciones.

2.3.4.i Carcinogenicidad y teratogenicidad.

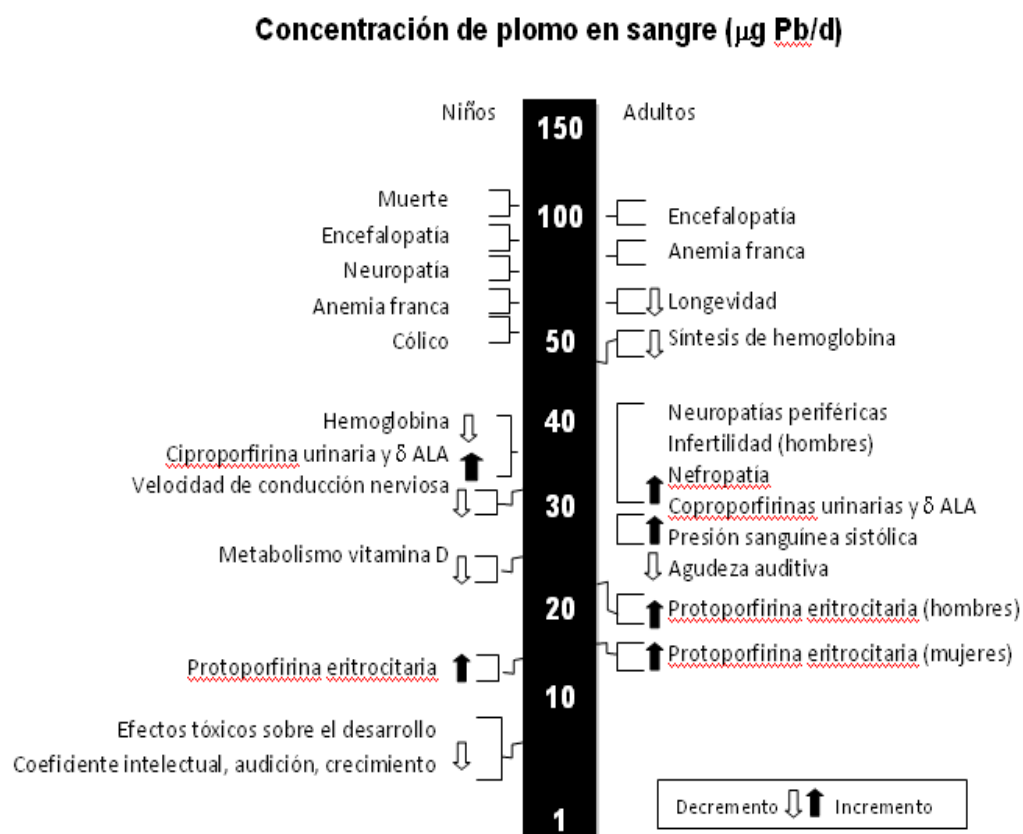
Se han descrito en algunos estudios ciertas aberraciones cromosómicas en linfocitos circulantes en poblaciones humanas expuestas al plomo, con niveles sanguíneos del metal tan bajos como $100\mu\text{g}/100\text{ ml}$ de sangre. Sin embargo las evidencias carcinogénicas del plomo son discutibles.

2.3.4.j Desarrollo y crecimiento

La exposición muy temprana a bajas concentraciones de plomo, como es en el periodo fetal y en el período postnatal inmediato trae consecuencias adversas, tales como, reducción del período gestacional, bajo peso al nacer, mortinatos, alteraciones del desarrollo neuroconductual, retardo en el crecimiento, menor estatura.

A continuación se adjunta una gráfica que correlaciona los cambios o alteraciones patológicas y las diversas concentraciones de plomo en sangre.

CORRELACIÓN ENTRE DISTINTOS NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN EL HUMANO Y DISTINTAS ALTERACIONES PATOLÓGICAS



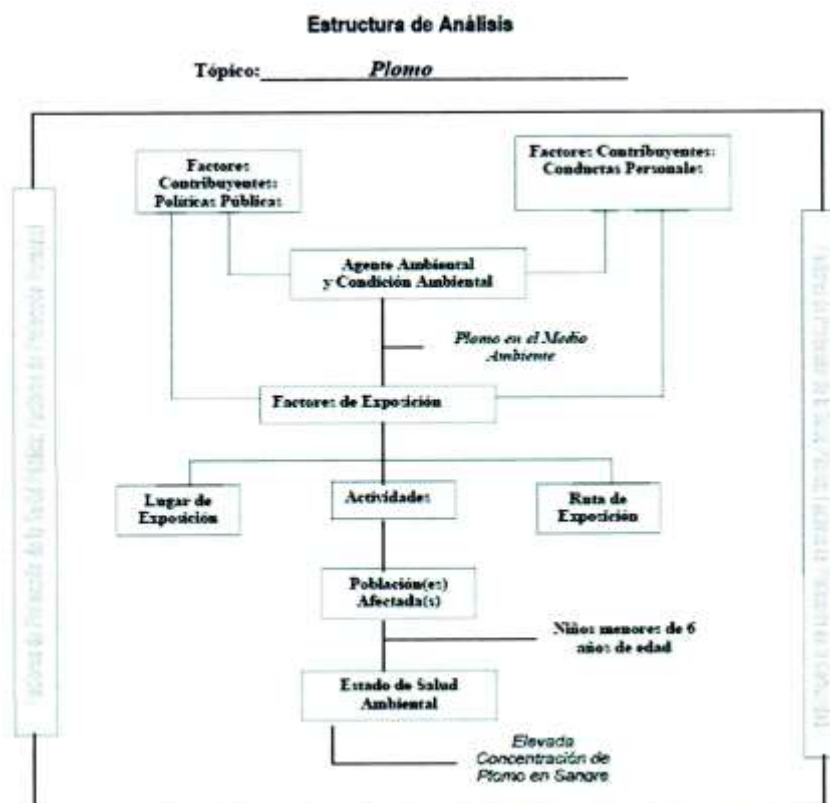
Correlación entre distintos niveles de plomo en sangre en el humano (expresados en microgramos de plomo por decilitro de sangre) y distintas alteraciones patológicas observadas tanto en niños como en adultos. Nótese que en niños estas alteraciones suelen ser más graves y de aparición más temprana. En México, de acuerdo con el índice Metropolitano de la Calidad del Aire (MECA), la expresión máxima aceptable establecida para plomo es de $1.5 \mu\text{g/m}^3$ hasta por tres meses (modificado de 19).

Fuente: EPA (Environmental Protection Agency)

Efectos en la salud de los niños por exposición a plomo

Concentración de plomo en sangre (ug/100ml)	Efecto observado
10	<ul style="list-style-type: none"> - Inhibición de la actividad de la enzima AAL-D - Edad gestacional reducida (exposición prenatal) - Bajo peso al nacer (exposición prenatal) - Retardo en crecimiento
12	<ul style="list-style-type: none"> - Interferencia en el metabolismo de la vitamina D
15-20	<ul style="list-style-type: none"> - Elevación de protoporfirinas eritrocitarias - Alteraciones electrofisiológicas en el SNC
20	<ul style="list-style-type: none"> - Alteraciones conductuales, déficit en la atención
30	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución en la conducción nerviosa periférica
40	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento del AAL en suero y del AAL-U - Aumento de las CP-U - Reducción en la producción de hemoglobina - Velocidad de conducción nerviosa periférica reducida - Alteraciones en el aprendizaje - Nefropatía (aminoaciduria) - Síntomas gastrointestinales
50	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución marcada del cociente de inteligencia
70	<ul style="list-style-type: none"> - Anemia franca - Nefropatía grave
80	<ul style="list-style-type: none"> - Encefalopatía - Daño cerebral grave - Retardo mental grave

Fuente: Organización Mundial de la Salud



Fuente: Gestión de la Salud Ambiental – Escuela de Postgrado – Maestría en Salud Pública.
Dr. Benjamín Dávila Flores- UCSM.

2.3.5 TRATAMIENTO DE LAS INTOXICACIONES

Respecto al tratamiento de las intoxicaciones por plomo, las conductas que se puedan recomendar en caso de exposición se basan en:

- Alejamiento del individuo de la fuente.
 - Aplicación de algunas medidas específicas en caso de exposiciones súbitas.
 - El uso de antídotos, especialmente en caso de exposición prolongada.
- i. En caso de inhalación de grandes cantidades de polvos o humos.
 - i.a Trasladar al paciente desde, el área contaminada hacia donde exista aire limpio.
 - i.b Tomar medidas tendientes al limitar o prevenir complicaciones respiratorias (neumonitis química), tales como administrar sulfato de codeína o administrar antibióticos.
 - i.c Medir las concentraciones de plomo en sangre principalmente y en orina, con fines de pronóstico y de evaluación terapéutica.
 - ii. En caso de ingestión de grandes cantidades
 - ii.a Administrar leche o huevos crudos o revueltos, varias veces y en intervalos cortos de tiempo, para atenuar la irritación gastrointestinal.
 - ii.b Hacer lavado gástrico con leche, agua tibia o solución de albúmina, si el paciente no presenta vómito.

ii.c Administrar 15 a 30 g de sulfato de magnesio o de sodio disuelto en agua

ii.d Administrar demulcentes.

ii.e Medir las concentraciones de plomo en sangre y en orina

iii. Uso de antidotos

El tratamiento quelante requiere de una estricta observación médica, por lo cual en lo posible debe efectuarse bajo condiciones de hospitalización.

Los que son los antidotos más usados: Acido Etilendiaminotetraacético (EDTA) bajo la forma de sal cálcica di sódica CaNa_2EDTA , d-penicilamina y dimercapol (BAL). El más habitualmente indicado en pacientes intoxicados con plomo es el antidoto quelante CaNa_2EDTA . Dado que su absorción es pobre por vía oral esta se suministra por vía endovenosa. La dosis diaria recomendada para adultos es de 1 a 2 g, con una máxima de 3g, para niños en disolución de 25-50 ml./Kg- Se administra en solución glucosada endovenosa muy lentamente, gota a gota a lo largo de 5 horas; durante 5 días. La efectividad de este tratamiento puede ser evaluada mediante la evaluación de plomo en la orina unido al agente quelante; puede ser necesario repetirlo después de un lapso de 5 días.

Indicadores biológicos de exposición para plomo.

Los indicadores usuales para la determinación del plomo son:

En sangre:

- Zinc –protoporfirina eritrocítica ZPP
- Protoporfirina Libre Eritrocítica (PROTO/PPE)

- ALA-deshidratasa en glóbulos rojos

En Orina:

- Acido delta Aminolevulínico en orina (ALA-U).
- Coproporfirina en Orina.

La concentración del plomo en la orina es cada vez menos recomendable para fines de monitoreo ya que no parece existir una buena correlación entre ella y la concentración del metal en la sangre, pero se usa como indicador para evaluar en los intoxicados la efectividad del tratamiento con antídoto quelante.

La determinación AAL-U es de lo más útil para el diagnóstico precoz de la intoxicación por plomo. El aumento de su excreción en la orina empieza cuando la concentración de plomo en la sangre alcanza niveles de $40 \mu\text{g}/100\text{ml}$ Por tanto este método es eficaz solamente en los casos en que la concentración de plomo en sangre está por sobre $40 \mu\text{g}/100\text{ml}$.



3. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

3.1 Autor: Incer Jaime

Título: Deterioro ambiental en Centroamérica sobre ecología y salud ECOSAL. Memoria Guatemala

Fuente: OPS, Programa Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano (MASICA) Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo 1992, p27-30.

Resumen: Los problemas de salud que padece la población de la región necesitan ser afrontados con una política decisiva y de estrategia preventiva que garantice tanto la sanidad ambiental como el control del medio ambiente. Por estas razones la Comisión Centroamericana del Medio Ambiente y el Desarrollo (CCAD) apoya el establecimiento del Programa Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano (MASSICA) en su propósito de contribuir a la protección de salud y al mejoramiento de la calidad ambiental.⁸¹.

3.2 Autores: Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias

Título: Contaminación Atmosférica de la Ciudad de Santiago

Fuente: IX Jornadas de Otoño 6-7, Abril 1990. Revista Médica de Chile, pgs 913-916

Resumen: El presente tiene como objeto de estudio el aire contaminado, siendo ejecutado por la Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias. La contaminación del aire fue considerada un grave problema, en especial en grupos de riesgo como niños menores de cinco años, pacientes con enfermedad respiratoria crónica y enfermedad cardiovascular, así como mujeres embarazadas. El estudio tuvo lugar en el Valle de Santiago, rodeado

⁸¹ HERNÁNDEZ ÁVILA M. y PALAZUELOS RENDÓN E. (1995). *Intoxicación por plomo en México: Prevención y control*. Cuernavaca, Mor.: Instituto Nacional de Salud Pública.. Perspectivas en Salud Pública, núm. 21.

de montañas, encontrándose niveles bastante altos de contaminación.⁸².

3.3 Autores: Red Regional de Agroecología de Arequipa

Título: Problemática Ambiental de Arequipa, Junio 1996.

Fuente: Red Regional de Agroecología de Arequipa

Resumen: El presente trabajo “Problemática Ambiental de Arequipa”, fruto del análisis y preocupación, resume los principales problemas ambientales que vienen afectando a Arequipa. Se busca con ello llamar la atención a todos los ciudadanos incluyendo las autoridades para tomar conciencia e impulsar acciones concretas a favor del medio ambiente sano y saludable, condición básica para el ejercicio de derechos humanos fundamentales.⁸³

4. Objetivos

- 1) Determinar el índice de contaminación por plomo en el aire circundante ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre las intersecciones de la calle San Juan de Dios con la calle 28 de Julio.
- 2) Determinar el índice de concentración de plomo en el suero sanguíneo de las personas que laboran en el Colegio Sagrados Corazones en $\mu\text{g}/\text{dl}$?
- 3) Determinar la influencia de la contaminación del aire por plomo sobre la concentración de plomo en el suero sanguíneo de las personas que laboran en el Colegio Sagrados Corazones.

⁸² JARA ALMONTE, Rosina del Carmen Díaz. *Estudio de los Niveles de Plomo en Sangre en Ex trabajadores de Minero Perú en la Ciudad de Arequipa* Tesis Bachiller Farmacia y Bioquímica. UCSM. 1997

⁸³ RDAY QUINTANILLA Víctor. *Niveles de Plomo en Sangre en Niños Procedentes de Colegios de Zona Urbano Marginales y Rurales de la Ciudad de Arequipa 1999*. Tesis.

5. Hipótesis

Dado que el aire que respiramos contiene elementos nocivos para la salud, y que se van acumulando a través del tiempo, así también que, en nuestro país y en nuestra ciudad se han dado condiciones favorables para que lo anterior suceda, **es probable que** la contaminación por plomo en el aire que se respira se encuentre elevado y esta situación a su vez influya sobre las concentraciones de plomo sanguíneo de las personas que laboran en el Colegio Sagrados Corazones.



III. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. Técnicas, instrumentos y campo de verificación

1.1 Técnicas

1.1.1 Para la variable independiente. Contaminación del Aire por Plomo

La técnica que se utilizó fue la de observación documental consistiendo en la observación y lectura de los resultados de la medición del metal plomo en el aire que circunda la zona donde se obtuvo la muestra entendiendo que nosotros no participamos del desarrollo del método de laboratorio que dio origen a esos resultados.

El método de laboratorio por el cual se realizó la medición de Partículas totales en suspensión (PTS) fue el Método Gravimétrico para muestras de gran volumen.

El método de laboratorio por el cual se hizo la medición de las concentraciones de plomo de la muestra ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) fue el método de espectrofotometría de absorción atómica

Respecto al desarrollo del método por el cual se logró la medición de las Partículas Totales en Suspensión (PTS) y posteriormente la identificación de las concentraciones de plomo en la muestras, es como se detalla a continuación:

Se procedió primero a la determinación de la cantidad de partículas totales en suspensión (PTS) de la muestra mediante el método gravimétrico y luego se realizó el análisis químico del filtro que contiene las PTS captadas mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica y de ésta manera determinar la cantidad Plomo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del aire muestreado.

Método Gravimétrico de Comparación

Principio, ventajas y limitaciones

Con éste método puede determinarse las concentraciones de partículas en suspensión haciendo pasar un volumen de aire determinado de antemano por un filtro de fibra de vidrio de peso conocido. Pesando el filtro después de tomar la muestra en las condiciones especificadas se determina directamente la masa de partículas. Un regulador de entrada de aire permite mantener constante el flujo de masa durante el periodo de muestreo y un dispositivo cronométrico indica con precisión el número total de minutos de toma efectiva de muestras comprendido en ese periodo. La constancia de flujo de masa y la regulación del tiempo efectivo de muestreo son dos ventajas importantes para verificar el volumen total de la muestra. Otra ventaja es el gran tamaño de las muestras obtenidas, que permite, llegado el caso la identificación y la valoración de contaminantes de bajísima concentración. La relativa sencillez del método es otra circunstancia positiva, pues permite encomendar el trabajo a personal con muy poco adiestramiento. El costo del material y los demás gastos son bastante módicos.

Para usar este método hay que emplear un filtro limpio en cada periodo de toma de muestras. El efecto de la humedad del filtro y de las partículas recogidas se compensan efectuando las pesadas en condiciones de humedad conocidas, de los filtros expuestos van a usarse para análisis de determinación de cantidades ínfimas de metales y contaminantes orgánicos e inorgánicos, habrá que disponer de un laboratorio que se encargue de esas investigaciones.

Procedimiento

Usando un ventilador de turbina de tipo industrial, se aspira el aire ambiente bajo una cobertura en forma de V invertida de superficie conocida, para hacerlo pasar por un filtro, con un flujo constante de 1,1 a 1,7 metros cúbicos por minuto ($m^3/minuto$). Las partículas en suspensión de diámetro comprendido entre 0.1 y 100 μg quedan retenidas en la fibra de vidrio del filtro. La concentración de masa ($\mu g/m^3$) de las superficies en suspensión en el aire aspirado se determinan midiendo la masa de las partículas retenidas en el filtro y dividiendo el valor obtenido por el volumen de la muestra de aire.

Este método permite medir la concentración de masa de las partículas en suspensión en el aire ambiente con periodos de muestreo de 24 horas. La masa de superficie obtenida en esas condiciones es suficiente para la valoración gravimétrica, aún en los casos de concentraciones bajas. Si la concentración de partículas es inusualmente alta se puede obtener una determinación satisfactoria al cabo de 6 a 8 horas e incluso en menos tiempo. Los valores en masa se redondean en miligramos enteros, los flujos en unidades de 0.01 $m^3/minuto$; los períodos de muestreo en minutos y las concentraciones en microgramos por metro cúbico.

1.1.2 Para la variable dependiente: Concentración de plomo en el suero sanguíneo:

Se utilizaron 2 técnicas:

1. La técnica de Comunicación, específicamente un cuestionario para la recolección de datos informativos de las unidades de estudios respectivas.

2. La técnica Observación documental, para obtener los resultados de las concentraciones de plomo en sangre de las unidades de estudio correspondientes puesto que nosotros solo obtuvimos los resultados de dichas concentraciones otorgados por el departamentito de toxicología de ESSALUD mas no participamos del desarrollo del método de laboratorio.

PROCEDIMIENTO

ANÁLISIS DE PLOMO EN SANGRE

MUESTREO BIOLÓGICO

ESPÉCIMEN : Sangre total, al final del turno (Jornada de Trabajo).

RECIPIENTE: Tubos libres de plomo de 10 ml. (sangre)

ANTICOAGULANTE : Heparina (sangre)

EMBALAJE : Envases de polietileno

ESTABILIDAD DE LA MUESTRA:

La sangre es estable, a 3 días conservado a 4°C por tiempo indefinido si la muestra se homogeniza y se libera de cualquier gas disperso en la muestra por vibración de ultrasonido (sónicar) y se congela en tubos de plástico.

MEDICIÓN

Método de Laboratorio: Espectrofotometría por absorción atómica.

APLICACIÓN

Este proceso cuantifica el metal plomo en sangre para estimar su carga corporal, daños al sistema hematopoyético y cumplir con las regulaciones federales. El plomo en la sangre es el indicador biológico preferido para determinar la absorción del plomo. El rango de trabajo óptimo es de 0.1 a 1.5µg de Pb por gramo en sangre.

INTERFERENCIAS

El fosfato, EDTA y oxalato pueden secuestrar el plomo y causar bajos niveles de lectura

EQUIPO

1. Tubos para tomar de muestras de sangre tipo tapa azul ("blue.top"), heparinizados y libres de plomo, especialmente preparados para coleccionar muestras de sangre, para la determinación de plomo en sangre.
2. Aguja vacutainer (N°21 con tapa)
3. Torniquete e hisopos con alcohol.
4. Tubos de ensayo de 16 x 100 mm, con tapas de PTFE enroscables.*
5. Centrífuga.
6. Mezclador vibratorio rotativo (Vortex) o equivalente
7. Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS), con cátodo hueco de plomo o Lámpara de Descarga sin Electrodo (EDL).
8. Balanza Analítica.
9. Pipetas, matraces volumétricos y otros materiales de vidrios o plásticos apropiados para el pesado, almacenado y vaciado de reactivos y muestras.

MUESTREO

- 1.- Colectar muestras de sangre en tubos de colectores de sangre heparinizados. Mezclar inmediatamente. Transportar a 4°C y mantener a esta temperatura antes del análisis.

GUIA DE INTERPRETACIÓN

El Ministerio de Salud a través de sus entidades correspondiente establecen como guía de referencia los mismos parámetros que la entidad máxima de salud, cual es el Organismo Mundial de Salud (OMS), dictando como parámetros de plomo en sangre valores que no deben de exceder los 20 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ para personas adultas ambientalmente expuestos. . Un valor de plomo en sangre por encima de 40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ es indicativo de exposición excesiva y un valor sobre los 60 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ requiere ser retirado de la exposición.

1.2 Instrumentos

El instrumento consta de 2 partes

En ambos casos se utilizó instrumentos documentales para poder operar las técnicas.

- Para la variable independiente. Contaminación del Aire por Plomo.
Ficha de recolección de datos diseñada para tal fin por la Dirección General de Salud Ambiental.
- Para la variable dependiente. Concentración de Plomo en el suero sanguíneo.

Ficha de recolección de datos diseñada para obtener la información necesaria para cumplir el objetivo de nuestro estudio.

A continuación se presenta el Instrumento completo, consignando sus dos partes.

INSTRUMENTO

PARTE 1: DETERMINACION DE PARTICULAS EN SUSPENSIÓN

LUGAR (UBICACION DE LA PLANTA):

ESTACION DE MUESTRO N° (CODIGO):.....N° DE
FILTRO:.....

MUESTRO (DATOS)

Inicio (Fecha).....Hora.....Operador.....
Termino (Fecha).....Hora.....Operador.....
Termino de muestreo (t).....Hora.....minutos, TOTAL.....min
Flujo (lectura) : Inicial.....pulg/H₂O y Final.....pulg/ H₂O y Final
Flujo Promedio (F).....pie³/min.x28.3=.....LPM

FLUJO ESTANDAR= (φ st)

$$\varphi_{St} = \varphi_{Promedio} \left[\frac{P_{Arequipa}}{T_{Arequipa}} \frac{T_{°St}}{P_{°St}} \right]^{1/2}$$

$$\varphi_{St} = \text{lt/min.} \left[\frac{\quad}{\quad} \right]^{1/2}$$

$$\varphi_{St} = (\quad) (\quad)$$

$$\varphi_{St} = \text{lt/min.}$$

VOLUMEN DE MUESTRA (V)

$$V = \frac{\varphi_{St} (\text{lt/min})}{1000} = \frac{\quad \%}{1000} = \text{m}^3$$

PESO DE LA MUESTRA

Peso del filtro y del material colectado (Pt)..... g.
Peso Inicial del filtro de usuario (pl)..... g.
Peso del material colectado (Pt)..... g.

CONCENTRACION de plomo en aire:

$$C = \frac{P}{V} 10^6 = \mu\text{g/m}^3$$

PARTE 2: DETERMINACION DE PLOMO EN SANGRE.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

N°

DATOS DE IDENTIFICACION

DIRECCIÓN :
NOMBRE :
SEXO : M F
EDAD :

A) OTROS DATOS DE INTERÉS.

- AREA DE RESIDENCIA : Urbano ()
Periurbano ()
Rural ()
-
- TIEMPO EN EL LUGAR DE RESIDENCIA: Meses ()
-
- **Ocupación :**
 - Profesor ()
 - Personal Administrativo ()
 - Otros ()
- **Tiempo de permanencia en el centro de trabajo**
 - Horas de labor diaria: ()
 - Días laborales por semana: ()
 - Meses laborales por años: ()
 - N° de Años: ()

2. Campo de verificación

2.1.Ubicación espacial: El trabajo se realizó en el Colegio particular Sagrados Corazones ubicado en la calle San Juan de Dios con la esquina 28 de Julio en el distrito del cercado, Provincia y Departamento de Arequipa - Perú.

2.2.Ubicación temporal: El estudio se realizó en forma coyuntural en el año (2000)

2.3.Unidades de estudio:

Muestra: Para la variable independiente se tomó una muestra de aire por 24 horas por el método gravimétrico.

Para la variable dependiente, se trabajó con toda la población que decidió colaborar en el estudio, con un total 20 personas.

Criterios de elección:

- **Criterios de Inclusión**

- Trabajadores del Colegio Sagrados Corazones.
- De cualquier edad y sexo.
- Participación voluntaria en el estudio.

- **Criterios de Exclusión**

- Registros incompletos o extraviados.
- Personas con antecedente de intoxicación por plomo.
- Personas relacionadas directamente con fuentes emisoras de plomo ajenas al lugar de estudio.

3. Estrategia de Recolección de datos

3.1. Organización

3.1.1 *Para la Variable independiente*

Se realizaron las coordinaciones con la dirección del Colegio para obtener las facilidades del caso para nuestro estudio y así contactar con el personal que labora en el colegio, se hicieron las respectivas coordinaciones con la Municipalidad Provincial para obtener la autorización y poder llevar el equipo muestreador de aire hacia el local así como también se hicieron las respectivas coordinaciones con el personal especializado de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Arequipa para que pueda facilitar la utilización y manejo del equipo apropiado para de ésta forma tomar las muestras de aire en la zona sujeta de estudio y acceder a los datos.

3.1.2 *Para la Variable dependiente*

- Se realizaron las coordinaciones con las autoridades del colegio y personal que labora en él para lograr la obtención de la muestra necesaria-
- Se realizaron coordinaciones con el personal de ESSALUD
 - Hospital Nacional del sur y el Departamento de Toxicología para que pueda brindarnos del personal y material especializado y lograr la obtención de la muestras.
- Previamente a la toma de muestra de sangre se realizó un programa de sensibilización a través de un proceso informativo y educativo hacia el personal que labora en la institución educativa en donde tuvo lugar el presente estudio de investigación, dándoles alcances muy generales sobre epidemiología del plomo y su importancia en salud pública.

- Luego de seleccionar a los que eligieron colaborar con el trabajo, se aplicó un instrumento de verificación de datos para la recolección de información necesaria requerida para el presente estudio.
- Posteriormente mediante un personal calificado de ESSALUD se procedió a la extracción de 7 mL de sangre de la vena cefálica
- La muestra mezclada con heparina a temperatura adecuada se llevó al laboratorio de Toxicología para su respectivo análisis de laboratorio y su posterior interpretación , procesamiento y análisis de datos .

3.2. Recursos

a) Humanos

- Investigador, personal de laboratorio, personal del colegio, tutor.

b) Institucionales

- Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Arequipa
- Departamento de Toxicología del Hospital Nacional de ESSALUD
- Colegios Sagrados Corazones de Jesús

c) Físicos

- Instrumentos de verificación
- Material de escritorio
- Computadora personal con programas procesadores de texto, bases de datos y software estadístico.
- Material de laboratorio.

- Equipo completo realizar el método gravimétrico y el de espectrofotometría de absorción atómica para evaluar la muestra de aire y determinar los valores respectivos del metal pesado plomo
- Equipo completo para realizar el análisis de espectrofotometría de absorción atómica, llama, y determinar los niveles de plomo en sangre.

d) Financieros

- Autofinanciado

3.3. Criterios para manejo de resultados

a) Plan de Procesamiento

Los datos registrados fueron luego codificados y tabulados para su análisis e interpretación.

b) Plan de Clasificación

Se empleó una matriz de sistematización de datos en la que se transcribieron los datos obtenidos en cada Ficha para facilitar su uso. La matriz fue diseñada en una hoja de cálculo electrónica (Excel 2003).

c) Plan de Codificación

Se procederá a la codificación de los datos que contenían indicadores en la escala continua y categórica para facilitar el ingreso de datos.

d) Plan de Recuento

El recuento de los datos será electrónico, en base a la matriz diseñada en la hoja de cálculo.

e) Plan de análisis

Se empleará estadística descriptiva con distribución de frecuencias (absolutas y relativas), medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (rango, desviación estándar) para variables continuas; las variables categóricas o cualitativas se presentarán como proporciones. La comparación de variables numéricas entre dos grupos se realizará con la prueba t de Student,

La asociación entre variables numéricas se realizará con el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson.

La asociación de variables cuantitativas con variables cualitativas se hizo a través del Coeficiente de Correlación de Sepearman.

Para el análisis de datos se empleará la hoja de cálculo de Excel 2007 con su complemento analítico y el paquete Statistica v.7.0.

IV. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Tiempo	Enero 2000	Enero Febrero 2000	Marzo 2000	Junio 2000	Abril 2010	Mayo 2010	Junio 2010	Julio 2010	Agosto 2010
Actividad									
Proyecto de tesis	XXXX	XXXX							
Toma de datos			XXXX						
Análisis de datos				XXXX	XXXX	XXXX			
Redacción de Informe Final							XXXX	XXX	XX